

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет біотехнології і біотехніки  
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Євгеній КУЗЬМІНСЬКИЙ  
(підпис)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020р.

**Дипломний проєкт**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за освітньо-професійною програмою «Екологічна біотехнологія та біоенергетика»**

**спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»**

**на тему: «Технологія біологічного очищення стічних вод м'ясокомбінату і міста Маріуполь»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи БЕ-61

Старун Вікторія Юріївна \_\_\_\_\_

Керівник:

к.т.н., доц

Жукова Вероніка Сергіївна \_\_\_\_\_

Консультант з проектування:

д.т.н, проф.,

Саблій Лариса Андріївна \_\_\_\_\_

Рецензент:

к.т.н., асист.

Карпенко Юрій Володимирович \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студентка \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет біотехнології і біотехніки  
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 162 «Біотехнології та біоінженерія»

Освітньо-професійна програма «Екологічна біотехнологія та біоенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Євгеній КУЗЬМІНСЬКИЙ  
(підпис) (ім'я, прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на дипломний проєкт студенту**  
**Старун Вікторія Юріївна**

1. Тема проєкту «Технологія біологічного очищення стічних вод м'ясокомбінату і міста Маріуполь»

керівник проєкту, к.т.н., доц. Жукова Вероніка Сергіївна.

затверджені наказом по університету від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом проєкту \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проєкту: розрахункова витрата стічних вод 97 000 м<sup>3</sup>/добу, з них побутових 90 000 м<sup>3</sup>/добу. Характеристика водойми, в яку скидаються стічні води: Азовське море; вид водокористування: рибогосподарське вищої категорії; середня глибина водойми в зоні впливу стічних вод, 2 м; концентрація кисню в воді влітку не <4 мг/дм<sup>3</sup>; температура води влітку 25 °С; фонові концентрації завислих речовин 22 мг/ дм<sup>3</sup>; БПК<sub>повн</sub> 2,1 мг/ дм<sup>3</sup>.

4. Зміст пояснювальної записки: вступ; розділ 1 Характеристика стічних вод, активного мулу. Обґрунтування вибору технології: 1.1 Характеристика стічних вод м'ясокомбінату; 1.2 Існуючі технології очищення стічних вод м'ясокомбінату; 1.3 Вибір технології очищення стічних вод м'ясокомбінату; 1.4. Вибір схеми очищення стічних вод підприємства та

міста; 1.5. Характеристика біологічного агента; розділ 2 Біохімічні основи технологічного процесу: 2.1. Схема перебігу процесів; 2.2. Характеристика кінцевого продукту; 3 розділ Технологічна частина: 3.1. Сировина та матеріали; 3.2. Опис технологічного процесу; 3.3. Контроль виробництва; 3.4. Матеріальний баланс; 4 розділ Вибір і характеристика обладнання: 4.1 Розрахункові витрати стічних вод; 4.2 Розрахункові концентрації забруднень стічних вод; 4.3. Розрахунки необхідного ступеня очищення стічних вод; 4.4. Вибір, характеристика, розрахунок споруд біологічного очищення стічних вод; розділ 5 Охорона праці та довкілля: 5.1. Загальні положення; 5.2. Метеорологічні параметри робочої зони; 5.3. Повітря робочої зони; 5.4. Виробниче освітлення; 5.5. Захист від виробничого шуму та вібрації; 5.6. Пожежна безпека; 5.7. Електробезпека; 5.8. Охорона довкілля; висновки; перелік використаних джерел; додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): технологічна схема (А1), апаратурна схема (А1), метантенк (А1).

6. Консультанти розділів проекту\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Графічна частина дипломного проекту	д.т.н., проф. Саблій Л.А.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

---

\* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Пошук літературних джерел	До 10.04.2020	
2	Вивчення умов формування та складу стічних вод м'ясокомбінату. Аналіз існуючих технологій попереднього очищення, вибір і обґрунтування ефективнішої технології.	До 20.04.2020	
3	Вибір технології біологічного очищення суміші стічних вод м'ясокомбінату та міста Маріуполь. Опис біологічного агента. Огляд перебігу біохімічних процесів в метантенку. Характеристика кінцевого продукту.	До 1.05.2020	
4	Розрахунок матеріального балансу. Розрахунки обладнання, витрат, концентрацій забруднень, необхідного ступеню очищення стічних вод, загальної витрати осадів.	До 08.05.2020	
5	Розробка технологічної, апаратурної схеми, креслення метантенка.	До 14.05.2020	
6	Написання п'ятого розділу, висновків	До 20.05.2020	
7	Охорона праці та довкілля.	До 25.05.2020	
8	Оформлення пояснювальної записки, графічної частини.	До 25.05.2020	

Студент

\_\_\_\_\_ Вікторія СТАРУН

(підпис)

Керівник проєкту

\_\_\_\_\_ Вероніка ЖУКОВА

(підпис)

## РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт складається з 80 сторінок пояснювальної записки та 3 аркушів креслень А1. Пояснювальна записка містить вступ, 5 розділів, що включають 6 рисунків та 13 таблиць, 26 посилань на літературні джерела та додаток.

Метою дипломного проєкту є вибір та обґрунтування найбільш оптимальної технологічної схеми для попереднього очищення виробничих стічних вод, а також розрахунок споруд біологічної очистки для очищення суміші стічних вод м'ясокомбінату та міста Маріуполь.

В проєкті наведено характеристику стічних вод м'ясокомбінату; розглянуто склад і властивості анаеробного активного мулу; обрано та обґрунтовано технологію попереднього очищення стічних вод м'ясокомбінату; за технологією виконано технологічну та апаратурну схему; розраховано необхідний ступінь очищення стічних вод та споруд біологічного очищення.

На підставі розрахованих параметрів розроблено креслення споруди – метантенку. Розраховано матеріальний баланс, вказано параметри контролю та описано заходи з охорони праці і охорони довкілля.

М'ЯСОКОМБІНАТ, СТІЧНА ВОДА, БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ,  
АКТИВНИЙ МУЛ, АНАЕРОБНЕ СБРОДЖУВАННЯ, МЕТАНТЕНК

## ABSTRACT

The diploma project consists of 80 pages of explanatory note and 3 sheets of A1 drawings. The explanatory note contains an introduction, 5 sections, including 6 figures and 13 tables, 26 references and the appendix.

The main purpose of the diploma project is to choose and substantiate the most beneficial process flowsheet for industrial wastewater pre-treatment, as well as the calculation of biological treatment facilities for the meat processing plant and the city of Mariupol wastewater treatment.

The project provides a description of the meat processing plant wastewater; the composition and characteristics of anaerobic activated sludge are considered; the technology of preliminary wastewater treatment of the meat processing plant is selected and substantiated; the technological and hardware scheme is executed according to the technology; the required degree of wastewater purification as well as biological treatment facilities are calculated.

The drawing of the methane-tank is developed based on the calculated parameters. The material balance is also calculated, control parameters are specified and measures on labor and environmental protection are described.

MEAT PROCESSING PLANT, WASTEWATER TREATMENT,  
BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT, ACTIVE SLUDGE, ANAEROBIC  
DIGESTION, METHANE-TANK

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП .....</b>	<b>8</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД, АКТИВНОГО МУЛУ. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ.....</b>	<b>10</b>
1.1.Характеристика стічних вод м'ясокомбінату .....	10
1.2.Існуючі технології очищення стічних вод м'ясокомбінату .....	12
1.3.Вибір технології очищення стічних вод м'ясокомбінату .....	19
1.4.Вибір схеми очищення стічних вод підприємства та міста .....	21
1.5.Характеристика біологічного агента .....	23
<b>РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ...</b>	<b>26</b>
2.1. Схема перебігу процесів .....	26
2.2. Характеристика кінцевого продукту .....	28
<b>РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>29</b>
3.1. Сировина та матеріали .....	29
3.2. Опис технологічного процесу.....	32
3.3.Контроль виробництва.....	39
3.4. Матеріальний баланс.....	46
<b>РОЗДІЛ 4. ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ .....</b>	<b>50</b>
4.1 Розрахункові витрати стічних вод.....	50
4.2 Розрахункові концентрації забруднень стічних вод.....	51
4.3. Розрахунки необхідного ступеня очищення стічних вод .....	53
4.4. Вибір, характеристика, розрахунок споруд біологічного очищення стічних вод .....	56
<b>РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ .....</b>	<b>72</b>
5.1. Загальні положення.....	72
5.2. Метеорологічні параметри робочої зони.....	73
5.3. Повітря робочої зони.....	73
5.4. Виробниче освітлення.....	74
5.5. Захист від виробничого шуму та вібрації.....	74
5.6. Пожежна безпека.....	75
5.7. Електробезпека.....	75
5.8. Охорона довкілля .....	76
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>77</b>
<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>78</b>
<b>ДОДАТКИ .....</b>	<b>81</b>

					ЕКБ.БЕ6120.ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		ЗМІСТ	Стадія	Арк.	Акрушів
Розроб		Старцн В.Ю.					7	80
Конс.								
Керів		Жцкова В.С.					КПІ ім. Ігоря Сікорського,	
Затверд						ФБТ		

## ВСТУП

Забруднення природних водойм промисловими стічними водами продовжує зростати в світі через підвищення потреб населення та розширення ринку. Для України дана екологічна проблема також залишається актуальною.

М'ясообробна промисловість займає великий сегмент серед підприємств харчової промисловості, є масштабним споживачем очищеної води та у великих кількостях продукує забруднені концентровані стічні води. Такі стічні води не можуть скидатися у природні водойми та міські каналізації, спочатку вони мають бути очищені та доведені до безпечних показників, затверджених на державному рівні. Звісно, організація очищення стічних вод на підприємстві потребує чималих інвестиційних вкладень, а також генерує нескінченний обіг фінансів, що в кінцевому результаті є малоприбутковим або не дає економічної вигоди. Проте слід зважати, що скид неочищених стічних вод може призвести до стягання штрафів з боку держави, та гарантовано призведе до забруднення водойм, ґрунтових вод та погіршення екологічної ситуації в цілому.

Нові або вдосконалені схеми очищення стічних вод все більше спрямовуються на ідеях зменшення загальної кількості відходів та відновлення цінних побічних продуктів від м'ясопереробних підприємств: на отриманні води високої якості, білків, біогазу, добрив. Це відображає той факт, що насправді відновлення та очистка мають більшу цінність для галузі, ніж просто скид стічних вод[1].

Метою даної роботи є вибір та обґрунтування ефективної технології біологічного очищення суміші стічних вод м'ясокомбінату та міста Маріуполь до норм скиду в Азовське море.

					ЕКБ.БЕ6120.ДП			
					ВСТУП	Стадія	Арк.	Аркушів
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис				8	80
Разроб.		Старун В.Ю.						
Конс.								
Керів.		Жукова В.С.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Затверд.								



Для виконання поставленої мети будуть вирішені наступні завдання:

- визначити характеристики складу стічних вод м'ясокомбінату;
- провести огляд технологій очистки стічних вод м'ясокомбінату та обрати технологію попереднього очищення до норм скиду у системи водовідведення міста;
- розрахувати витрати і концентрації забруднень у суміші стічних вод міста та м'ясокомбінату та визначити необхідний ступінь очищення цієї суміші;
- виконати технологічну та апаратурну схеми очищення суміші стічних вод міста;
- розрахувати і обрати типовий проект споруди для анаеробного зброджування осадів – метантенку;
- навести вимоги щодо охорони праці та довкілля при роботі очисних станцій.

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

# РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД, АКТИВНОГО МУЛУ. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ

## 1.1. Характеристика стічних вод м'ясокомбінату

У м'ясопереробній промисловості більша частина стічних вод надходить від миття столів, виробничих приміщень (близько 60%), а решта - від очищення обладнання та здійснення операцій технологічного циклу. Потік стічних вод дуже мінливий внаслідок різних видів скидів та різноманітних заходів.

Усі стічні води на підприємстві, що займається обробкою м'яса та виготовленням м'ясної продукції, утворюються при:

- утриманні тварин;
- здійсненні операцій виробничого циклу;
- використанні води для нагрівання;
- очищенні обладнання, тари;
- митті виробничих приміщень[2].

При цьому загальні витрати чистої води є чималими: зазвичай ці витрати розраховуються приблизно як  $20 \text{ м}^3/\text{т}$  м'яса[3].

Характерним для стічних вод м'ясокомбінату є те, що вони мають високі показники ХСК, БСК<sub>5</sub>, багато завислих речовин. Високий вміст білків сприяє швидкому загниванню забруднених вод, що супроводжується неприємним запахом. Зважаючи на характер сировини, важливо також пам'ятати про можливу контамінацію яйцями гельмінтів та патогенними мікроорганізмами.

Стічні води м'ясокомбінату є висококонцентрованими за вмістом Нітрогену, Фосфору, Натрію та Калію, а також хлоридів, проте вміст важких металів та інших високотоксичних речовин є низьким.

					ЕКБ.БЕ6120.ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД, АКТИВНОГО МУЛУ. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ	Стадія	Арк.	Акрушів
Розроб		Старун В.Ю.						
Конс.							10	80
Керів.		Жукова В.С.					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ	
Затверд.								

Макроелементи можуть бути відновлені та використані у сільському господарстві[4].

Важливо, що концентрація майже всіх забруднюючих речовин не є постійною та варіюється в межах року, сезону, дня та навіть зміни, але, наприклад, вміст азоту є більш-менш постійним для певного підприємства в межах однієї пори року. Зміни концентрації амонійного азоту на більш високі помітні через те, що влітку біодеградація органічних відходів значно підвищується, а отже підвищується і вміст даного виду забруднювача[1,5].

Температура стічних вод може бути різною в залежності від розташування підприємства, для країн Європи з помірним континентальним кліматом це звичайно 20<sup>0</sup>С, що справедливо і для України.

Після аналізу показників забруднень, що характерні кільком підприємствам галузі[6,7,8,9], було прийнято рішення для характеристики складу стічних вод м'ясокомбінату використовувати наступні усереднені значення, що наведені в Таблиці 1. Варто зауважити, що наведені показники свідчать про те, що у даному проекті розглядаються м'ясокомбінати, на які м'ясо поступає від бійні, що є окремим підприємством.

Таблиця 1.1. Усереднений склад стічних вод м'ясокомбінату

Показник	Значення
БСК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1600
ХСК, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	2100
ЗР, мг/дм <sup>3</sup>	850
Жири, мг/дм <sup>3</sup>	450
рН	5-7
t, °С	22
Амонійний азот, мг/дм <sup>3</sup>	380
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	8,5
Cl <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	1200

Очевидно, що скид стічних вод такого складу є надзвичайно шкідливим для середовища та може спричиняти деоксигенацію річок, контамінацію підземних вод. Зважаючи на різноманітний склад забруднюючих речовин високих концентрацій, для попереднього очищення стічних вод на підприємстві в даній роботі будуть запропоновані багатоступеневі комбіновані схеми біологічного очищення.

## 1.2. Існуючі технології очищення стічних вод м'ясокомбінату

### 1.2.1. Анаеробний біофільтр

Анаеробні процеси часто застосовуються для очистки стічних вод з високими концентраціями ХСК та БСК. Дослідження застосування анаеробного біофільтра для м'ясопереробних підприємств[10] показало, що такий тип споруди біологічного очищення може ефективно видаляти органічні забруднення, при цьому маючи менший час затримання води (24 години), ніж інші анаеробні реактори. Також було підкреслено, що анаеробний фільтр можна застосовувати в ситуаціях, коли характеристики стічних вод змінюються (сезонно тощо) через адаптаційні можливості процесу.

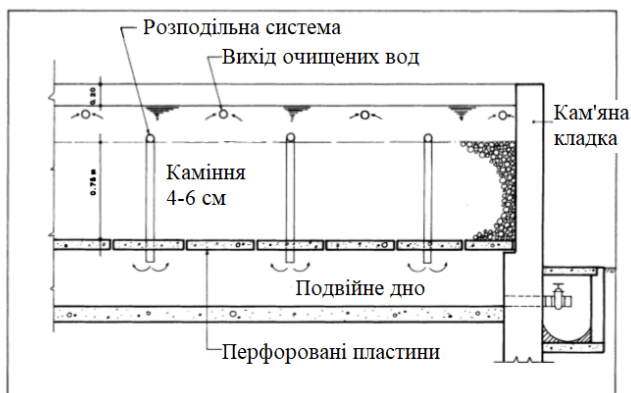


Figure 2. Anaerobic filter used in treatment of wastewater from meat processing.

Рисунок 1.1. Будова анаеробного біофільтра[10]

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		12



Потім стоки проходять попереднє очищення, наприклад реагентною флотацією у флотаторі 4, а для подальшого очищення переходять на анаеробний (без примусової аерації) біофільтр 5. На цьому етапі проходить очищення та відстоювання, рециркуляція активного мулу не передбачається. Стоки доочищаються на фільтрах 6, після чого скидаються в системи водовідведення. Осади з решіток вивозяться, жири збираються в жирозбірній камері та вивозяться, а шлами і осади проходять механічне зневоднення та утилізуються.

Досліджувалось очищення стічних вод за таких умов роботи підприємства:

- добовий обсяг стічних вод: 100 м<sup>3</sup>/добу
- час гідравлічного утримання: 24 год.
- загальний об'єм анаеробного фільтра: 250,0 м<sup>3</sup>.
- висота дренажу: 0,75 м.
- загальна поверхня фільтра: 333,0 м<sup>2</sup>.
- кількість фільтруючих секцій: 2.

Протягом перших років експлуатації середній час гідравлічного утримування становив близько 24 год, а ефективність видалення БСК була вищою за 85%. Впродовж подальших років експлуатації поступово зменшувався час затримання. Ефективність очищення на даному біофільтрі наведена у Таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. Ефективність двосекційного анаеробного біофільтру[10]

Показники якості СВ	Вихідні значення	1 секція фільтра	2 секція фільтра
t, °C	24-25	24-25	24-25
БСК, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	2250	427	460
Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	1103	92	123
Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	140	120	60
Амонійний азот, мг/дм <sup>3</sup>	5,7	12	13
Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>	150	138	150

### 1.2.2. Періодичне очищення та зворотній осмос

Даний метод є особливо цікавим, тому що описує очищення у гібридній системі, що поєднує використання для очищення стічних вод активного мулу (в реакторі SBR – біологічної очистки періодичної дії) та зворотного осмосу. В даному випадку зворотній осмос застосовується для можливості повернення очищеного фільтрату у виробничий цикл і повторного використання.

Реактори циклічної очистки є однією з найбільш простих та економічних технологій очистки у світі; реалізується експлуатацією кількох ємностей, кожна з яких реалізує традиційні методи очищення: ємність виконує функції усереднювача, аеротенка, вторинного відстійника.

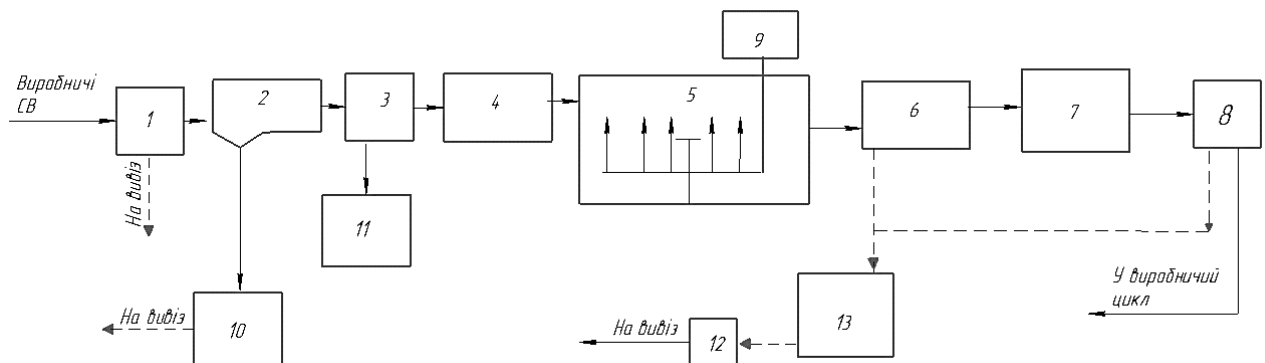


Рисунок 1.3. Схема очищення за використання реакторів періодичної очистки та установок зворотного осмосу.

1 – решітки, 2 – пісковловлювач, 3 – жироловка, 4 – усереднювач, 5 – реактор періодичної дії, 6 – вторинний відстійник, 7 – камера накопичення води, 8 – установки зворотного осмосу, 9 – повітродувна станція, 10 – пісковий майданчик, 11 – жирозбірна камера, 12 – мулові майданчики, 13 – аеробний стабілізатор осадів.

Після механічного очищення на решітках 1, пісковловлювачах 2 та жироловках 3, стічні води проходять через усереднювач 4, а потім потрапляють в реактор 5, де механічно перемішуються спочатку без аерації (~3 год). Потім вміст реактора аерується (~6 год), відбувається нітрифікація та віддуваються нітрогеновмісні гази. Потім відбувається відстоювання в тій же ємності і після седиментації очищені стічні води залишають реактор. Рециркуляції активного мулу не передбачено. Періодична технологія може бути застосована у випадку періодичної роботи підприємства: 12 годин виробничого циклу та 8 годин простоювання. Осади з решіток та жирозбірної камери 11 вивозяться, пісок поступає на піскові майданчики, де зневоднюється, а потім вивозиться.

Таблиця 1.3. Ефективність очищення в реакторах періодичної дії[6]

Показник забруднення	Стічна вода	Після очищення в аеротенку та вторинному відстійнику	Ефект очищення, %
ХСК, $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$	4500	102	98,1
БСК <sub>5</sub> , $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$	2100	10	99,6
N (повний), $\text{мг}/\text{дм}^3$	198	9,5	98,2
P (повний), $\text{мг}/\text{дм}^3$	32	4,8	87,3

Осади від вторинного відстійника та установок зворотного осмосу подаються на аеробний стабілізатор 13, потім на мулові майданчики 12, де зневоднюються та потім вивозяться.

Дослідження показують[6], що застосування даної системи є дійсно ефективним (Табл 1.4)

Для того, щоб можна було повторно використати у виробничому циклі воду, її накопичують у збірниках 7 та доволі ефективно доочищають застосуванням технології зворотного осмосу на установках 8.

Варто зазначити, що такий метод доочищення є недешевим, проте відбувається економія на очищеній воді від інших джерел.



Таке очищення дає наступні результати:

Таблиця 1.4. Ефективність очищення зворотним осмосом[6]

Показник забруднення	Після очищення в аеротенку та вторинному відстійнику	Після зворотного осмосу	Ефект очищення, %
ХСК, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	102	10,8	85,8
БСК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	10	5,0	50
N (повний), мг/дм <sup>3</sup>	9,5	1,3	90,0
P (повний), мг/дм <sup>3</sup>	4,8	0,09	97,5

### 1.2.3. Анаеробно-аеробне очищення

Метод поєднує у собі анаеробне первинне очищення та аеробне вторинне, забезпечуючи ефективне очищення стічних вод. Анаеробна стадія найкраще підходить для висококонцентрованих за органічними забрудненнями стоків, якими є стічні води м'ясокомбінату, а наступне аеробне доочищення дає більш високу ефективність та інтенсивність доочищення[11,7].

Спочатку стоки проходять механічне очищення на решітках 1, пісковловлювачах 2 та жироловках 3. Далі через збірник-усереднювач 4 поступають в анаеробний UASB-реактор 5. Анаеробні умови сприяють меншому накопиченню НАМ, покращують ефект подальшої очистки та дозволяють отримати біогаз. Біогаз збирається у газгольдері 9, далі його можна очищати та використовувати безпосередньо на підприємстві. Після анаеробної стадії стічні води збираються у відстійник-освітлювач 6, а потім надходять на очищення в аеротенк. Осади з відстійника подаються на аеробну стабілізацію 13.

Далі проходить аеробне очищення в аеротенку 7, примусова аерація відбувається повітрям з повітродувної станції 10. Потім стічні води поступають на освітлення у вторинних відстійниках, звідки рециркуляційний АМ повертається в аеротенк, а надлишковий АМ відкачується на стабілізатор 13.

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

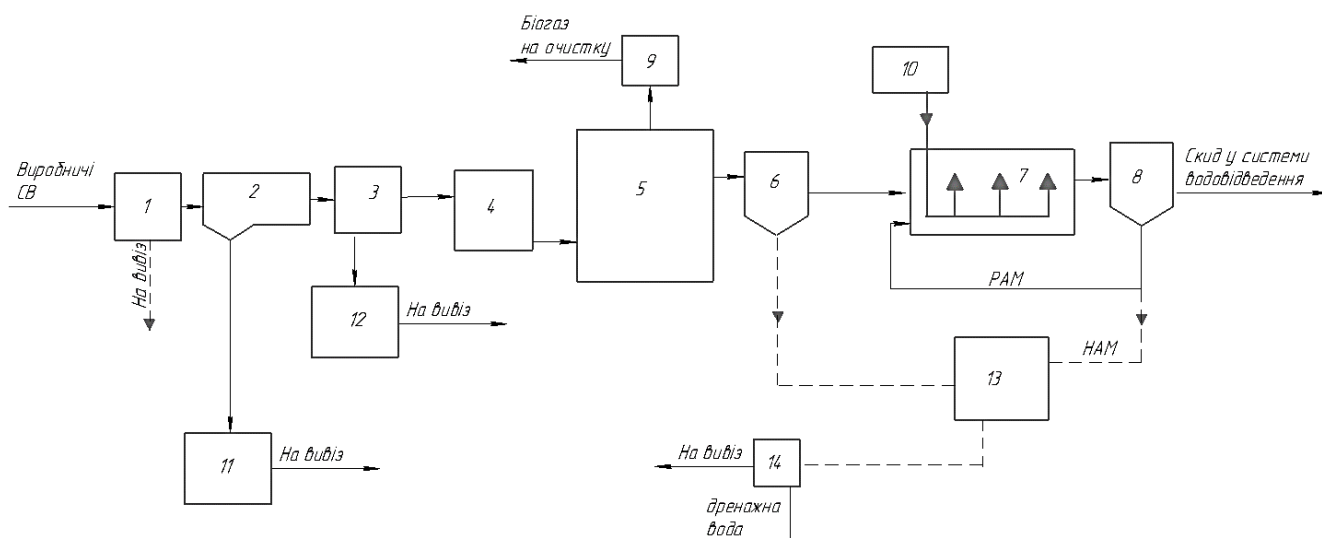


Рисунок 1.4. Схема очищення стічних вод анаеробно-аеробним методом

1 – решітки, 2 – пісковловлювачі, 3 – жироловки, 4 – усереднювач, 5 – анаеробний реактор, 6 – відстійник-освітлювач, 7 – аеротенк, 8 – вторинний відстійник, 9 – газгольдер, 10 – повітрорудувна станція, 11 – пісковий майданчик, 12 – жирозбірна камера, 13 – аеробний стабілізатор, 14 – мулові майданчики.

Після аеробної стабілізації осади поступають на мулові майданчики 14 на зневоднення, звідки потім вивозяться. Дренажна вода відкачується в голову очисних споруд.

Загалом технологія забезпечує наступний ступінь очищення:

Таблиця 1.5. Ефективність очищення анаеробно-аеробним методом[11]

Показники стічних вод	Вихідні	Після анаеробної стадії	Після аеробної стадії
БСК <sub>повн</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1040	1220	250
ХСК, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	2210	1870	460
ЗР, мг/дм <sup>3</sup>	1150	-	180
Жири, мг/дм <sup>3</sup>	110	-	8,6
pH	5-8	7±0,5	7±0,1
ПАР	12	-	0,5

### 1.3. Вибір технології очищення стічних вод м'ясокомбінату

При виборі технології попереднього очищення були враховані умови приймання стічних вод у каналізаційну мережу міста Маріуполь Донецької області.

Таблиця 1.6. Допустима якість стічних вод для скиду у міські системи водовідведення[12].

Показники якості стічних вод	Максимально допустиме значення
Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	300
ХСК, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	500
БСК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	252
Азот амонійний, мг/дм <sup>3</sup>	14,2
Нітрати, мг/дм <sup>3</sup>	46,1
Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>	3,6
Жири, мг/дм <sup>3</sup>	30,0

Стічні води, що приймають до систем централізованого водовідведення, не повинні:

- містити горючих домішок і розчинених газоподібних речовин, здатних утворювати вибухонебезпечні суміші;
- містити речовин, які здатні захащувати труби, колодязі, решітки або відкладатися на їх поверхнях (сміття, ґрунт, абразивні порошки та інші грубодисперсні зависі тощо);
- містити тільки неорганічні речовини або речовин, які не піддаються біологічній деструкції;
- містити небезпечні бактеріальні, вірусні, токсичні та радіоактивних забруднень;
- мати температуру вище 40<sup>0</sup>С ;
- мати рН нижче 6,5 або вище 9,0;
- мати ХСК, що перевищує БСК<sub>5</sub> більше ніж у 2,5 рази;

- містити забруднюючих речовин з перевищенням допустимих концентрацій, установлених Правилами приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення.

Використання анаеробно-анаеробного методу попереднього очищення стічних вод на м'ясокомбінаті дозволяє досягти наступних показників:

Таблиця 1.7. Ефективність попереднього очищення

Показники стічних вод	Вихідні	Після очищення
БСК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1040	250
ХСК, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	2210	460
ЗР, мг/дм <sup>3</sup>	1170	180
Жири, мг/дм <sup>3</sup>	145	8,6
рН	5-7	7±0,1
ПАР	12	0,5

Беручи до уваги вимоги до ступеня очистки стічних вод до скиду в міську систему водовідведення, а також поширеність та можливість застосування перелічених технологій, було вирішено скористатися технологією анаеробно-аеробного очищення та використовувати у проекті показники стічних вод, що досліджувалися для даного методу.

## 1.4. Вибір схеми очищення стічних вод підприємства та міста

Суміш стічних вод надходить до приймальної камери 1, звідки подається на механічне очищення, спочатку до решіток-дробарок 2. На решітках відбувається затримання, а в дробарках подрібнення великих фракцій сміття, що може бути мінерального та органічного походження. Використання решіток-дробарок дозволяє помітно зменшити кількість відходів, які необхідно відвантажувати.

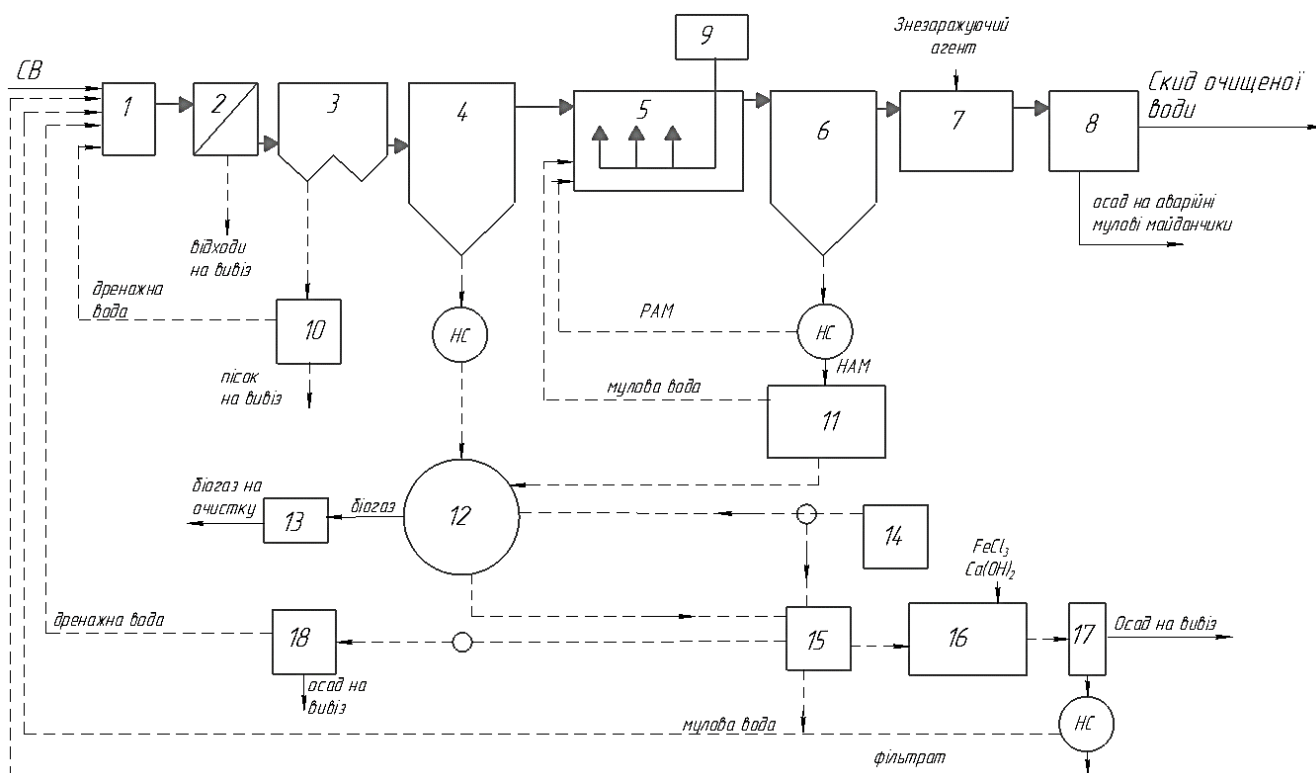


Рисунок 1.5. Схема очищення стічних вод м'ясокомбінату та міста Маріуполь. 1 – приймальна камера, 2 – решітки, 3 – пісковловлювач, 4 – первинний відстійник, 5 – аеротенк, 6 – вторинний відстійник, 7 – змішувач, 8 – контактний резервуар, 9 – повітродувна станція, 10 – піскові майданчики, 11 – мулоуцільнювач, 12 – метантенк, 13 – газгольдер, 14 – котельня, 15 – камера дегельмінтизації, 16 – камера реагентної обробки, 17 – фільтр-прес, 18 – аварійні мулові майданчики.

Після решіток стічна вода проходить через пісковловлювачі 3, які видаляють з потоку води важкі мінеральні домішки, основні з яких – пісок. Пісок осідає у вигляді піщаної пульпи, що видаляється та транспортується на піскові майданчики 10. На майданчиках влаштовується дренажна система для відведення води. Пісок з майданчиків вивозять, а дренажну воду повертають в голову очисних споруд.

Механічне очищення завершується в первинних радіальних відстійниках 4, в яких завислі речовини видаляються шляхом відстоювання. Після механічної очистки стічна вода надходить на біологічне очищення в аеротенк 5, в який подається стиснене повітря з повітродувної станції 9. При цьому стічна вода, яка надходить із первинного відстійника, потрапляє у аеротенк, а осад подається на зброджування у метантенк 12. Після аеротенка суміш стічних вод направляється до вторинних відстійників 6, де очищена стічна вода, аналогічно первинному відстоюванню, відділяється від активного мулу гравітаційно, активний мул видаляється із вторинного відстійника. Рециркуляційний активний мул (РАМ) направляється знову в аеротенк, а інша частина мулу направляється у мулоущільнювач 11 у вигляді надлишкового активного мулу (НАМ). Потім стічна вода надходить на знезараження. В якості реагенту пропонується використання розчину хлору (хлорної води), у концентрації  $3\text{г/м}^3$  відповідно до ДБН. Після змішування з реагентом стічна вода надходить до контактного резервуару 8, де проходять основні хімічні реакції. Після резервуару очищені стоки скидаються в море. Надлишковий активний мул, який видаляють із вторинних відстійників, направляють на мулоущільнювач 11, звідки від разом із осадом від первинних відстійників надходить в метантенк. Зброджений осад з метантенків направляється в камеру дегельмінтизації 15, потім – в камеру реагентної обробки 16 та на фільтр-преси 17. Зневоднений осад вивантажується на майданчики для зберігання або вивозиться, а фільтрат повертається в голову очисної станції.

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Біогаз, який утворився в результаті бродіння, збирається у газгольдерах 13. В подальшому його очищають та можуть використовувати в якості енергоносія.

### 1.5. Характеристика біологічного агента

Біологічне очищення стічних вод зазвичай проводять одним з методів – аеробним або анаеробним. У випадку застосування аеробних технологій можуть виникати наступні проблеми, що є недоліками: великі витрати енергії на аерацію стоків, складність очищення стоків з високим рівнем забруднень, утворення надлишкового активного мулу у великій кількості.

Альтернативою є анаеробна технологія. Перевагами анаеробного методу є низька енергозатратність (енергоспоживання становить приблизно 10% від енергоспоживання аеробного очищення), можливість приймати високі навантаження, одержання метану як енергоносія, утворення невеликої кількості надлишкового мулу, невеликі площі для споруд, можливість застосування модулів доочищення. Також вартість анаеробного очищення приблизно у 10 разів менша, ніж аеробного.

Реалізується технологія очищенням в герметичних метантенках чи біореакторах, які виготовляють з бетону, металу або високоміцного пластика. Це резервуари з конічними днищами з фіксованим фільтруючим шаром, в яких мікроорганізми розвиваються на поверхні, отримуючи із стічної води необхідні поживні речовини або це можуть бути системи з рухомим рідким шаром (активний мул).

Метанове бродіння стічних вод і органічних відходів починається при створенні анаеробних умов за участі мікроорганізмів, що все присутні у воді, що проходить очищення, та у навколишньому середовищі. Для даного типу бродіння необхідна наявність чотирьох груп мікроорганізмів, що здійснюють кожну зі стадій.

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Задіяні бактерії представлені переважно родами *Bacillus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Clostridium*, *Eubacterium* тощо, які розкладають целюлозу, геміцелюлози, крохмаль, пектин і здійснюють стадію ферментативного гідролізу і кислотоутворення.

Майже усі бактерії цієї групи належать до факультативних анаеробів з оптимумом рН = 6,5–7,6. Бактерії виділяють в середовище екзоферменти, за участю яких і здійснюється гідроліз. Більшість протеолітичних бактерій метантенків є клостридіями. Також можуть бути присутні бакткрії родів *Peptococcus*, *Bifidobacterium*, *Eubacterium*, що володіють протеолітичною активністю. Мікроорганізми з ліполітичною активністю зазвичай представлені клостридіями та мікрококами.

Стадія гідролізу при метановому бродінні тісно пов'язана з наступною кислотогенною (ацидогенною) стадією. Насправді між цими стадіями немає чіткого розмежування: мікроорганізми-гідролітики використовують продукти гідролізу для накопичення біомаси.

Більша частина бродильних бактерій є облігатними анаеробами (*Clostridium*, *Bacteroides*, *Eubacterium* і ін.), проте в значній кількості наявні також факультативно анаеробні бактерії, наприклад, роду *Streptococcus*.

Ацидогенні бактерії добре пристосовуються до змін умов середовища метантенка. Якщо в очищуваній воді багато сполук сірки та азоту, це може індукувати зростання сульфатредукуючих бактерій і денітрифікаторів.

Далі ацетогенні бактерії здійснюють розклад продуктів кислотогенної стадії. Це протонвідновлюючі бактерії (*Syntrophomonas*, *Syntrophobacter*), які потребують, як правило, інших мікроорганізмів, що цей водень використовують – метанові бактерії і сульфатредуктори. Таким чином, ацетогенні бактерії створюють субстрат, придатний для життєдіяльності метаноутворюючих бактерій, які продовжуватимуть процес розпаду органічної речовини в анаеробних умовах.

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Метаногенні бактерії – найбільш примхлива до умов культивування група симбіозу метантенку. Вони вимагають повної відсутності кисню, рН 6-8; також потребують в дуже малій кількості кобальту, молібдену, нікелю, можуть використовувати в якості джерела енергії та вуглецю тільки 8 субстратів ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2$ , форміат, закис вуглецю, метанол, ацетат, моно-, ди-і тріетаноламіни), з яких найбільш значну роль мають ацетат і  $\text{CO}_2 + \text{H}_2$ .

Метаногенні бактерії 90-95% вуглецю перетворюють в метан, і тільки 5-10% витрачають на приріст біомаси. Загалом відомо більше 45 видів метаногенів, що належать до 13 родів: *Methanobacter*, *Methanococcus*, *Methanogenum*, *Methanosarcina*, *Methanothrix* і ін. Метаноутворюючі бактерії відрізняються морфологічним різноманіттям. Серед них є нитко-, паличкоподібні, спіральні, округлі форми.

Бактерії даної стадії мають найнижчу швидкість росту та найбільш чутливі до змін параметрів середовища, отже, саме вони визначають стабільність та ефективність роботи біореактора. Наприклад, час генерації бактерій роду *Methanosarcina* складає 20-30 год, роду *Methanothrix* – 200-300 год.

При температурі 35°C час подвоєння біомаси гідролітичних мікроорганізмів становить 10-20 год, ацидогенних - 1-10 год, ацетогенних бактерій - близько 100 год.

Помітно, що у анаеробній фауні між мікроорганізмами існують тісні і складні взаємозв'язки, що мають аналогії в багатоклітинних організмах, оскільки зважаючи на субстратну специфічність метаногенів, їхній розвиток неможливий без трофічного зв'язку з бактеріями попередніх стадій.

Загальна швидкість біометаногенеза визначається температурним режимом процесу, хімічним складом сировини, щільністю бактеріальної асоціації, ступенем гомогенізації ферментаційного середовища [15].

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 2.1. Схема перебігу процесів

Процес анаеробного перетворення органічних речовин з утворенням біогазу (метанове бродіння, або біометаногенез) походить через чотири послідовні стадії (рис. 2.7):

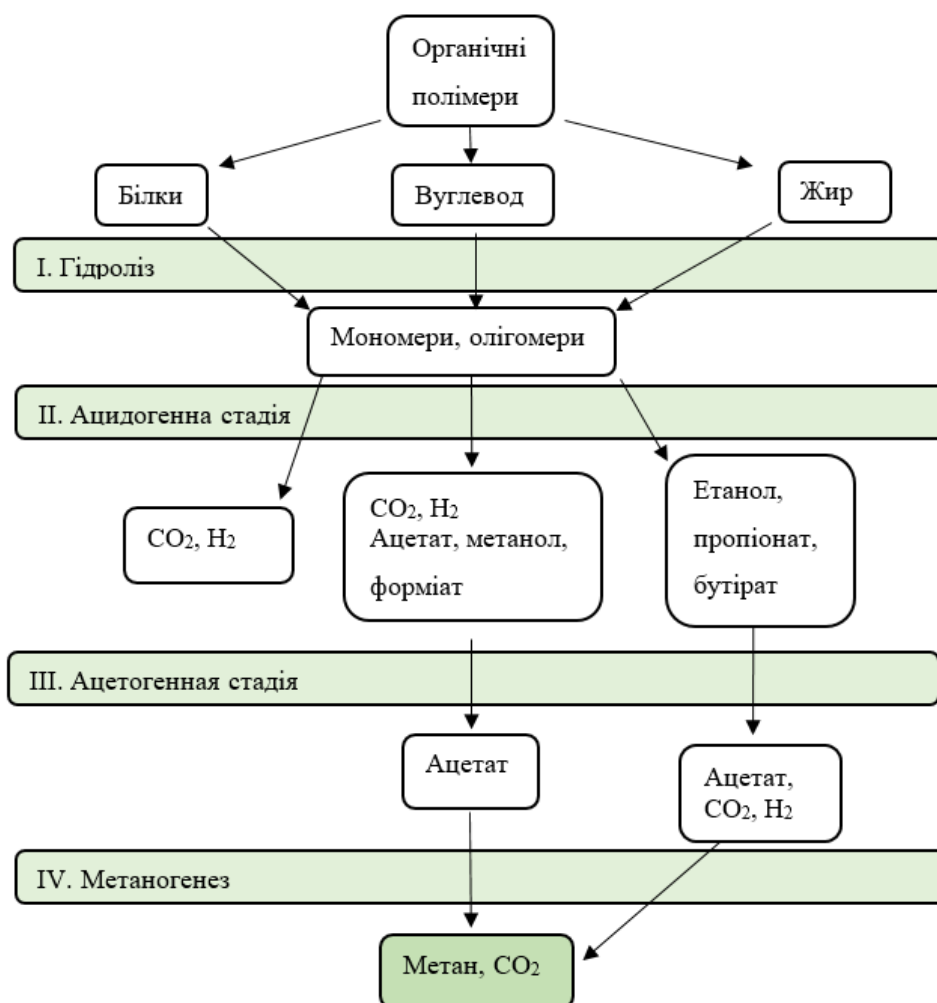


Рисунок 2.7. Схема метанового бродіння

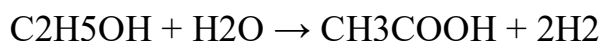
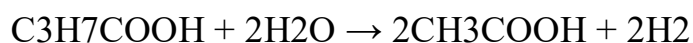
1. Гідроліз органічних полімерів здійснюється екзогенними ферментами, що надходять у середовище від гідролітичних мікроорганізмів. Наприклад, бактерії, які розкладають целюлозу, геміцелюлози, крохмаль, пектини

					ЕКБ.БЕ6120.ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	Стадія	Арк.	Акрушів
Разроб.		Старун В.Ю.					26	80
Конс.						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Керів.		Жукова В.С.						
Затверд.								

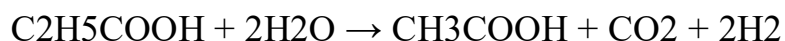
належать до родів *Clostridium*, *Bacteroides*, *Acetivibrio*, *Eubacterium*, *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Peptococcus*, *Bifidobacterium*, *Eubacterium*, *Termobacteroides*. Найменш вивчений процес анаеробного гідролізу ліпідів. Мікроорганізми з ліполітичною активністю – зазвичай клостридії і мікрококи. Якщо у середовищі присутній рослинний лігнін, то він в анаеробних умовах практично не гідролізується, проте невеликі його фрагменти з низькою молекулярною масою можуть розкладатися з утворенням CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> і ацетату[13].

2. Ацидогенна стадія розмежовується з гідролізом лише умовно, як було зазначено раніше, мікроорганізми-гідролітики використовують продукти гідролізу для власного життєвого циклу. На даній стадії утворюються попередники метану – ацетат, водень, також спирти (етанол, метанол), інші сполуки, що можна побачити на схемі[14].

3. Ацетогенні бактерії здійснюють розкладання продуктів попередньої кіслодогенної стадії: відбувається дегідрогенізація жирних кислот з більш довгим, ніж у оцтової кислоти, ланцюгом і розщеплення спиртів до ацетату. Відбуваються наступні перетворення:



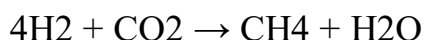
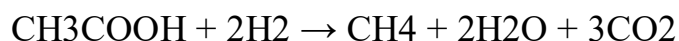
Розрізняють дві групи ацетогенних бактерій: одна утворює ацетат з продуктів стадії кіслодоутворення з виділенням водню, а друга призводить до утворення оцтової кислоти за використання водню для відновлення CO<sub>2</sub>[13].



Бактерії цієї стадії підготовлюють субстрат мікроорганізмам наступної, що типово для цього симбіозу. Цей субстрат забезпечить життєдіяльність метаноутворюючих бактерій, що остаточно розкладуть органічні речовини.

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

4. Метаногенній стадії характерно найменше видове різномайття задіяних мікроорганізмів. Відомо, що ці бактерії найбільш чутливі до змін умов середовища, тому саме ця стадія є лімітуючою. Перебігають наступні реакції:



Майже 70% метану утворюється з ацетату; при цьому мікроорганізми витрачають на метаноутворення 90-95% вуглецю середовища[14].

Загалом з кожної тонни зброженої сухої органічної речовини утворюється 300-600м<sup>3</sup> біогазу. Чим більше у сировині відновлених органічних сполук, тим вище концентрація метану в біогазі. Зокрема, при анаеробному збродженні вуглеводів утворюється більше діоксиду вуглецю (вихід метану становить 0,42-0,47 м<sup>3</sup>/кг), жири в цих умовах розщеплюються з утворенням переважно метану (до 1 м<sup>3</sup>/кг)[13].

## 2.2. Характеристика кінцевого продукту

Кінцевим продуктом є стічна вода м'ясокомбінату та міста Маріуполь, очищена до норм скиду у природну водойму – Азовське море, відповідно до допустимих значень концентрацій забруднюючих речовин. Характеристика очищеної стічної води м'ясокомбінату при скиді в каналізаційну мережу відповідає «Правилам приймання стічних вод підприємств у систему каналізації м. Маріуполь». Очищена стічна вода не містить небезпечних для довкілля речовин та за органолептичними показниками відповідає всім вимогам. Суміш стічних вод після очищення скидається у водойму.

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1. Сировина та матеріали

До напівпродуктів, які утворюються в результаті очищення стічних вод, а саме після процесів первинного та вторинного відстоювання, відносяться надлишковий активний мул та сирий осад.

Таблиця 3.1. Характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів

Найменування	Категорія і номер НТД, згідно якого перевіряється сировина	Показники, що обов'язкові для перевірки, та їх нормативне значення	Примітка показник
1. Основна сировина:			
1	2	3	4
1.1. Суміш стічних вод міста Маріуполь та попередньо очищених стічних вод м'ясокомбінату	Робочий проект II черги розширення і реконструкції загальновузлових об'єктів водопостачання і каналізації, ГПП «Укрводоканалпроект», 1990 р.	Витрата стічних вод, не більше	97 000
	ДБН В.2.5 -75:2013 Правила прийому стічних вод на канлізаційні очисні споруди	Температура, С, не більше	40
		рН, од. рН	6,5-9
		Масова концентрація зважених речовин, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	300
		ХСК, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	500
		БСКповн, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	252

					ЕКБ.БЕ6120.ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стадія	Арк.	Акрушів
Розроб.		Старун В.Ю.					29	80
Конс.								
Керів.		Жукова В.С.					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ	
Затверд.								

## Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
1.2 Вода водопровідна	Технологічний регламент системи водокористування КДМ-1, 2008 р.	Температура, °С, не більше	30
		pН, од. рН	6,5-8,0
		Загальна жорсткість, мгекв/дм <sup>3</sup> , не більше	3,5
		Запах, бал	0
		Кольоровість, ПКШ, не більше	50
		Масова концентрація зважених речовин, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	20,0
		Перманганатне окислення, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	80,0
		ХСК, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	120,0
		БСК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup> , не більше	20,0
		Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	20,0
2. Допоміжна сировина:			
2.1 Хлорид заліза, 12,5% технічний	ТУ 6-05761620.014-99; ТУ У 24.1-03341374-001:2008	Зовнішній вигляд	Рідина темно-червоного кольору
		Масова концентрація активного хлору, г/дм <sup>3</sup> , не менше	120
2.2 Негашене вапно	ДСТУ БВ2.7-90-99	Зовнішній вигляд	Білий порошкоподібний продукт, погано розчинний у воді
		Вміст кальцію гідроксиду, %, не менше	10

Продовження таблиці 3.1

3. Напівпродукти:			
3.1 Осад	СанПіН 2.1.7.573-96	рН	5,5-8,5
		Яйця гельмінтів	0
		Патогенні ентеробактерії клітин	0

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		31

### 3.2. Опис технологічного процесу

#### *ДР 1. Підготовка аераційного повітря*

В аеротенк подається попередньо очищене та стиснене повітря, для якого також забезпечується контроль температури та вологості.

#### *ДР 1.1 Забір повітря з атмосфери*

Повітря забирають за допомогою повітрозабірників ПЗ-1 з точкою забору 4-6 м вище рівня землі. Повітря має температурну в діапазоні від  $t_{\min} = -20^{\circ}\text{C}$  до  $t_{\max} = 45^{\circ}\text{C}$ . Повітрозабірники представляють собою розтруб із запобіжною сіткою на вході. Повітря далі поступає повітропроводом до фільтра.

#### *ДР 1.2 Фільтрування повітря*

Повітря очищається на волокнистому фільтрі Ф-2, що дозволяє затримати пил та механічні частки. Фільтрувальним матеріалом є тканина Петрянова (ФПП-15-30) з максимальним діаметром пор 15 мкм, максимальною допустимою температурою повітря  $60^{\circ}\text{C}$  і ефективністю очищення 98%. На даному етапі вміст механічних часток у повітрі має становити не більше  $10 \text{ мг/м}^3$ .

#### *ДР 1.3 Компресування повітря*

Компресують повітря використовуючи повітродувки В-3 з тиском нагнітання 0,163 МПа, тиск є параметром контролю. Стиснене очищене повітря направляється на аерацію до ТП 6.1.

#### *ДР 2. Приготування водного розчину хлору*

Для обробки побутових стічних вод використовують розчин хлору – хлорну воду. Хлор поступає на очисні станції в балонах чи контейнерах, де він знаходиться під надлишковим тиском у рідкому стані; спочатку рідину переводять у газоподібний стан після чого проводять розчинення у воді. Розчин готують у реакторі Р-4. Відповідно до ДБН розрахункова доза активного хлору для біологічного очищення стічних вод становить  $3 \text{ г/м}^3$ . На даній стадії здійснюється

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		32



технологічний контроль концентрації розчиненого хлору у водному розчині. Приготована хлорна вода відкачується насосом Н-5 на знезаражування очищеної стічної води до ТП 7.1.

*ДР 3. Приготування розчину коагулянту – хлориду заліза (III)*

Для обробки НАМ та осадів, що утворюються в процесі очистки стічних вод, застосовують коагулянти хлориду заліза (III) марки Б, що виробляється в Україні згідно ТУ У 24.1- 05444552-045-2005. Даний коагулянт сприяє утворенню малорозчинних у воді гідроксидів заліза, які сорбують на поверхні завислі, дрібнодисперсні і колоїдні речовини. При сприятливих умовах ці комплекси осідають на дно відстійника, що призводить до утворення осаду. Хлорид заліза зберігають на складі в спеціальних посудинах у вигляді концентрованого розчину солі. 10%-розчин готують у реакторі Р-6. У подають концентрований розчин хлорного заліза з водою та механічно перемішують. Мішалка має швидкість обертання 5 об/с. На стадії здійснюють технологічний і хімічний контроль якості і концентрації розчину. Приготований розчин відкачується насосом Н-7 на коагуляцію до ПВ 8.4. Об'єм розчину солі не має перевищувати 70 % від загального об'єму реактора.

*ДР 4. Приготування розчину гідроксиду кальцію*

Гідроксид кальцію застосовують разом з хлоридом заліза (III) в якості коагулянта. Насичений розчин гідроксиду кальцію (вапняна вода) зберігають на складі у спеціальних посудинах. Приготування розчину здійснюють у реакторі Р-8 шляхом змішування насиченого розчину гідроксиду кальцію з водою та механічно перемішують для інтенсифікації розведення. Мішалка має швидкість обертання 5 об/с. Насосом Н-9 готовий розчин направляється на коагуляцію до ПВ 8.4. На стадії здійснюють технологічний і хімічний контроль якості і концентрації розчину. Об'єм розчину солі не повинен перевищувати 70 % від загального об'єму реактора.

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		33

### *ТП 5. Механічне очищення стічних вод*

#### *ТП 5.1. Очищення стічних вод на решітках*

У решітках-дробарках РД-10 затримуються та подрібнюються крупні фракції сміття. Передбачається встановлення трьох агрегатів, з яких два будуть працювати постійно. Швидкість руху рідини в підвідних каналах складає 0,8-1,0 м/с. На стадії здійснюється технологічний контроль пропускної здатності решіток, що має становити не менше 60% від максимальної. Відходи відвантажуються у відкидний лоток та вивозяться.

#### *ТП 5.2. Очищення на пісковловлювачах*

Вода від решіток поступає на пісковловлювачі П-11, де відбувається видалення піску та інших механічних часток розміром від 0,15 мм до 0,25 мм для уникнення накопичення цих часток в спорудах біологічного очищення, що призводить до зниження ефективності роботи цих споруд. Кількість пісковловлювачів має становити не менше 2. Стічна вода вводиться знизу споруди та рухається вертикально вгору зі швидкістю 0,3 м/с і далі виводиться через відвідний канал. Ефективність такого способу видалення складає 65-75%. Осад збирається в кінцевому дні споруди.

Видалення піску із бункера здійснюється періодично (двічі на добу) гідроелеватором, який забезпечується насосною станцією пісковловлювачів. Пісчану пульпу вивантажують та подають на піщані майданчики ЗВ 11. На стадії проводять технологічний контроль концентрації піску та мінеральних домішок в стічній воді на виході з пісковловлювача, що повинна складати не більше 0,8 мг/дм<sup>3</sup>.

#### *ТП 5.3. Первинне відстоювання*

Стічні води поступають до первинних радіальних відстійників В-13 через підвідний канал знизу споруди. Вказані відстійники - три залізобетонні споруди діаметром 40 м, з робочою глибиною 4 м. На дно споруди осідають завислі

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

речовини. Цей осад збирається в зоні осаду, звідки видаляється за допомогою насосів Н-14 на обробку до метантенку М-23 до ПВ 8.2. Висота зони осаду 0,35 м; об'єм зони осаду 710 м<sup>3</sup>. Освітлена вода переливається через водозлив, після чого відводиться по кільцевому каналу у відвідну кишеню, а далі направляється на ТП 6. Здійснюється технологічний контроль по концентрації завислих речовин на вході ( $C_{зав}=315\text{мг/дм}^3$ ) та на виході ( $C_{зав}=141\text{мг/дм}^3$ ). Ефективність видалення складає 55%. На даному етапі здійснюється технологічний контроль мутності стічної води нефелометрично, що свідчитиме про концентрацію завислих речовин.

#### *ТП 6. Біологічне очищення стічних вод*

Метою даного етапу є повне біологічне очищення стічної води від органічних речовин.

##### *ТП. 6.1. Очищення стічних вод в аеротенку*

Аеротенк АР-15 являє собою довгий залізобетонний резервуар, у якому окиснення органічних речовин відбувається у водному середовищі за участю активного мулу, заселеного великою кількістю мікроорганізмів-мініралізаторів.

Для забезпечення киснем процесу окиснення органічної частини забруднень в аеротенк подається стиснене повітря від ДР 1. Подається стічна вода від споруд механічного очищення, а також рециркуляційний активний мул від ТП 5.2.

На даному етапі здійснюється технічний, хімічний та мікробіологічний контроль: контролюють інтенсивність аерації, рН стічної води, доза активного мулу та його гідробіологічні показники, а також температура двічі на добу.

##### *ТП 6.2. Вторинне відстоювання*

Вода подається до вторинного відстійника В-16, де осаджуються пластівці активного мулу, частина яких повертається до ТП 6.1 у вигляді РАМ, а частина направляється до ПВ 8.1 у вигляді НАМ. Освітлена вода рівномірно переливається через водозлив і по відвідному кільцевому лотку надходить у переливну кишеню

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

та по трубопроводу у відповідний канал. Проводиться протягом 1,5 годин. Вода після очищення відводиться на ТП 7.1. На даному етапі проводиться технологічний контроль концентрації завислих речовин. Вологість осаду становить  $W=99,2\%$ .

### *ТП 7. Знезараження очищеної стічної води*

#### *ТП 7.1. Змішування стічної води з розчином хлору*

Розчин хлору від ДР 2 подається у реактор з перемішуючим пристроєм Р-19, в який паралельно надходить стічна вода від ТП 7.2. На даному етапі здійснюється технічний та хімічний контроль. Суміш стічної води з розчином хлору надходить до ТП 7.2, де проходять основні хімічні реакції.

#### *ТП 7.2. Знезараження стічної води в контактному резервуарі*

Знезараження включає перебування води у контактному резервуарі КР-20, кількість яких обирається не менше ніж 2, час контакту 30 хвилин. З контактного резервуару відбираються проби, досягається  $БСК_{повн} = 3 \text{ мг/дм}^3$ . Знезаражена вода скидається у море[15].

### *ПВ 8. Обробка осаду та надлишкового активного мулу*

#### *ПВ 8.1. Ущільнення надлишкового активного мулу*

Метою даного етапу є зниження вологості осаду до 96-97 %, що зменшить об'єми осадів і як наслідок дозволить зменшити розміри наступних споруд обробки осадів. Зменшення вологості й об'єму осадів здійснюється гравітаційним методом за допомогою мулоущільнювача МУ-21. Мул під своєю вагою осідає на дно, видаляється муловідсмоктувачем МВ-18 на подальшу обробку. Час ущільнення 4 години. Осад гравітаційно осідає на дно і скребком згрібається до приймку, а мулова вода відкачується насосом Н-17 та повертається до ТП 6.1.

#### *ПВ 8.2. Анаеробне зброджування осаду в метантенках*

Метою даного етапу є мінералізація нестабільних біологічних речовин мікроорганізмами активного мулу для того, щоб в подальшому осад не загнивав.

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

В метантенку М-23 відбувається зброджування анаеробними метаноутворюючими та іншими бактеріями органічних забруднень до простих складових. Утворюється метан (до 70%), вуглекислий газ (25-55 %) і вода. Для даного процесу був обраний мезофільний температурний режим ( $t = 30-37^{\circ}\text{C}$ ). В результаті анаеробної ферментації утворюється біогаз, який, в основному, збирається у верхній частині метантенків і транспортується до газгольдерів Г-31 на ЗВ 11. Добова доза завантаження метантенка 10%, фактичний розпад беззольної речовини 44%. На стадії здійснюється технічний, хімічний та мікробіологічний контроль.

#### *ПВ 8.3. Дегельмінтизація осадів*

Термічне знезараження осадів здійснюється в дегельмінтизаторі Р-24 що представляє собою прямокутний резервуар із змішувиком, по якому подається теплоагент – насиченна водяна пара. Процес триває близько 20 хв при температурі  $60-70^{\circ}\text{C}$ , що дозволяє знищити яйця гельмінтів. 20% осаду надходить до ЗВ 9 на зневоднення.

#### *ПВ 8.4 Коагуляція осаду*

На даній стадії використовують коагулянти від ДР 2, ДР 4. Пропонується послідовна обробка осадів послідовно хлорним залізом та гашеним вапном в реакторі Р-25. При цьому в 2 рази скорочується витрата коагулянтів, припиняється гниття осаду й розповсюдження запахів. Одночасно гашене вапно відіграє роль присаджувального матеріалу, який підвищує жорсткість структури осаду. З цієї причини застосування хлорного заліза чи інших коагулянтів у поєднанні з гашеним вапном отримало найбільше поширення в практиці кондиціонування осадів перед механічним зневодненням.

#### *ПВ 8.5 Зневоднення осаду на фільтр-пресі*

Метою даної стадії є зниження вологості осаду до 70-80% перед подальшим вивезенням. Фільтр-прес ФП-26 забезпечує ущільнення осаду до вологості 70%.

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Осад подається у фільтрувальні пластини, після чого пластини піддаються робочому тиску 0,05 МПа, здійснюється технічний контроль тиску. Фільтрат, що утворився, повертається до ТП 5.1, а зневоднений осад вивозиться з очисної станції.

#### *ЗВ 9. Зневоднення збродженого осаду на мулових майданчиках*

На аварійні мулові майданчики ММ-27 відводиться 20% річних відходів осаду. Зброджений осад відводять для підсушування та зберігання на випадок несправності фільтр-пресу. Періодично осади вивозяться, а дренажна вода з перекачується насосом Н-28 до ТП 5.1.

#### *ЗВ 10. Зневоднення піску на піскових майданчиках*

Піщані майданчики ПМ-29 являють собою дренавані ділянки, огорожені валиками висотою 1-2 м. Вони розташовуються близько до пісковловлювачів. На майданчики поступає піщана пульпа від ТП 5.2. В основі процесу зневоднення лежить гравітаційне проціджування води крізь пісок, а також випаровування вологи з поверхні шару осаду. Для зневоднення піску, що має вологість близько 60%, раціональним є використання піскових майданчиків. Підсушений пісок вивозиться з очисної станції, а дренажна вода насосом Н-30 повертається в приймальну камеру на ТП 5.1.

#### *ЗВ 11. Накопичення біогазу в газгольдері*

Біогаз від ПВ 8.2 за допомогою насосу перекачується в газгольдер Г-31. До основних компонентів біогазу відносяться  $\text{CH}_4$  і  $\text{CO}_2$ , співвідношення яких залежить від складу сировини та характеристик процесу бродіння (температури, часу перебування маси в реакторі, завантаження робочого простору). Густина біогазу залежить від його складу і приблизно становить 1,0-1,2 кг/м<sup>3</sup>. Біогаз подається на очищення, після чого може використовуватися як енергоносіє.

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

### 3.3.Контроль виробництва

Параметри контролю виробництва, що визначаються наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Точки і параметри контролю виробництва

№	Назва стадії процесу, місце заміру параметра або відбору проби	Параметр, що контролюється	Частота контролю	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Методи контролю	Метод контролю параметра, тип приладу
	2	3	4	5	6	7
1	Попередньо очищені стічні води м'ясокомбінагу та стічні води міста	Витрати стічних вод, м <sup>3</sup> /добу	1 раз на добу	97000 $\delta = \pm 3\%$	К <sub>т</sub>	Акустичний витратомір ЕХО-Р-02, клас точності 3
		рН	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба)	6,5-8,5 $\delta = \pm 0,05$	К <sub>х</sub>	Іономір лабораторний І-160. Клас точності 3
		Масова концентрація завислих речовин, мг/дм <sup>3</sup>	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба)	315 $\delta = \pm 10\%$	К <sub>х</sub>	КНД 211.1.4.039-95
		Температура, °С	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба)	Не більше 40, $\Delta = \pm 0,1$ °С	К <sub>т</sub>	МВВ № 081/12- 0311-06 Термометр ц.п. 0,1С

## Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
		ХСК, мг/дм <sup>3</sup>	2 рази на тиждень	925= ±(15-30)%	K <sub>x</sub>	КНД 211.1.4.021-95
		БСКповн, мг/дм <sup>3</sup>	2 рази на тиждень	366 = ±(2,4-4000)%	K <sub>x</sub>	КНД 211.1.4.021-95
2	Підготовка аераційного повітря	Робочий тиск нагнітання в повітродувці, кПа	1 раз за годину	2,5 δ = ±2,5%	K <sub>T</sub>	Манометр ОБМ1-100 Межа вимірювання 0-1 Клас точності 2,5
3	Підготовка хлорної води	Масова концентрація хлору, мг/м <sup>3</sup>	1 раз за годину	85 δ=±(10-15)%	K <sub>x</sub>	Концентрато мір КОХ-1
4	Підготовка 10% розчину хлорного	Масова концентрація хлорного заліза, мг/дм <sup>3</sup>	1 раз за годину	10 δ=±(10-15)%	K <sub>x</sub>	Концентрато мір КОХ-1
5	Очищення на піскоуловлювачах	Масова концентрація піску та мінеральних домішок на вході мг/дм <sup>3</sup>	1 раз на добу	2,3 δ = ±5%	K <sub>T</sub>	КНД 211.1.4.045-95
		Масова концентрація піску та мінеральних домішок на виході мг/дм <sup>3</sup>	1 раз на добу	0,8 δ = ±5%	K <sub>T</sub>	КНД 211.1.4.045-95



1	2	3	4	5	6	7
6	Первинне відстоювання	Масова концентрація завислих речовин на вході мг/дм <sup>3</sup>	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба)	315 $\delta = \pm 10\%$	К <sub>т</sub>	КНД 211.1.4.039-95
		Масова концентрація завислих речовин на виході мг/дм <sup>3</sup>	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба)	141 $\delta = \pm 10\%$	К <sub>т</sub>	КНД 211.1.4.039-95
7	Біологічне очищення в аеротенку	Муловий індекс, см <sup>3</sup> /г	1 раз у добову зміну	Не менше 100, Не більше 120	К <sub>т</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
		Доза активного мулу, г/дм <sup>3</sup>	3 рази на тиждень	6,7	К <sub>т</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
		Температура, °С	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба)	18-24 $\Delta = \pm 0,1\%$	К <sub>т</sub>	МВВ № 081/12-0311-06 Термометр ц.п. 0,1С
		pH	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба)	6,5-8,5 $\delta = \pm 0,1$	К <sub>х</sub>	МВВ № 081/12-0317-06 Іономір лабораторний І-160

1	2	3	4	5	6	7
8	Вторинне відстоювання	Вологість надлишково го активного мулу, %	3 рази на тиждень	99,2- 99,7	К <sub>т</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
		Ступінь рециркуляції	4 рази на тиждень	0,3	К <sub>т</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
9	Змішування очищеної води з хлорною водою	Доза активного хлору, мг/дм <sup>3</sup>	1 раз на добу	5	К <sub>х</sub>	Дозатор-витратомір 8010
10	Очищені стічні води міста і виробництва	Колі-індекс	1 раз на добу	<3	К <sub>мб</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
		Колі-титр, мл	1 раз на добу	<333	К <sub>мб</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
		Масова концентрація хлору, г/дм <sup>3</sup>	2 рази на годину	1,5 $\delta=\pm(10-15)\%$	К <sub>х</sub>	Концентратомір КОХ-1

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
11	Перебування стічної води у контактному резервуарі	Вологість осаду, %	1 раз на тиждень	97	К <sub>Т</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
		БСК <sub>повн</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	2 рази на тиждень	3 $\Delta = \pm(2,4-8)\%$	К <sub>х</sub>	КНД 211.1.4.024-95
		Масова концентрація завислих речовин, мг/дм <sup>3</sup>	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба)	0,75 $\delta = \pm 10-18\%$	К <sub>х</sub>	КНД 211.1.4.039-95
12	Ущільнення осаду	Вологість осаду, %	1 раз на тиждень	97	К <sub>Т</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
13	Анаеробне зброджування	Вологість осаду, %	1 раз на тиждень	97	К <sub>Т</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
		Температура, оС	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба)	35	К <sub>Т</sub>	МВВ № 081/12-0311-06 Термометр ц.п. 0,1С
		Мікроскопіювання осаду	1 раз в денну зміну	-	К <sub>мб</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
14	Дегельмі- нтизація	Температура, оС	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодо- бова проба)	$65 \Delta = \pm 0,1\%$	$K_T$	МВВ № 081/12-0311- 06 Термометр ц.п. 0,1С
15	Промивка анаеробного зброджуваного осаду	Мікроскопіюва- ння осаду	1 раз в денну зміну	-	$K_{MB}$	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
16	Ущільнення осаду	Вологість осаду, %	1 раз на тиждень	96	$K_T$	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
17	Коагуляція ущільненого осаду	Доза хлорного заліза, %	1 раз на добу	2,8	$K_X$	Дозатор- витратомір 8010
		Доза негашеного вапна, %	1 раз на добу	5,6	$K_X$	Дозатор- витратомір 8010
18	Зневоднення осаду на фільтр- пресі	Робочий тиск нагнітання в повітродувці, МПа	1 раз на годину	$0,067 \delta = \pm 2,5\%$	$K_T$	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
		Вологість осаду, %	1 раз на тиждень	70-75	$K_T$	Манометр ОБМ1-100 Межа вимірювання 0-1 Клас точності 2,5

## Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
19	Збір газу у газгольдері	Тиск, МПа	1 раз на 2 години	0,17	К <sub>т</sub>	Манометр ОБМ1-100 Межа вимірювання 0-1 Клас точності 2,5

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		45

### 3.4. Матеріальний баланс

Для розрахунку матеріального балансу технологічного процесу очищення стічних вод приймаємо наступні дані:

За розрахунками (формула 4.1.7), продуктивність очисної споруди становить – 4041,67 м<sup>3</sup>/год.

Концентрація забруднень у стічних водах, що надходять до очисної споруди:

$$C_{\text{сум.зр}} = 315 \text{ мг/дм}^3 \quad (3.1)$$

$$C_{\text{сум.БСК}} = 366 \text{ мг/дм}^3 \quad (3.2)$$

Розраховуємо масу стічних вод, що надходять на біоочисну споруду:

$$m_{\text{св}} = Q_{\text{св}} \cdot \rho_{\text{св}} = 4041,67 \cdot 1000 = 40\,416\,700 \text{ кг/год}, \quad (3.3)$$

де  $Q_{\text{св}}$  - продуктивність установки ;  $\rho_{\text{св}}$  - густина стічної води , що становить 1000 кг/м<sup>3</sup>.

Проводимо розрахунки визначення кількості речовин, що містяться в стічній воді.

Маса завислих речовин:

$$m_{\text{зр}} = Q_{\text{св}} \cdot C_{\text{сум.зр}} = 4041,67 \cdot 0,315 = 1271 \text{ кг/год}, \quad (3.4)$$

де  $C_{\text{сум.зр}}$  – концентрація завислих речовин у суміші стічної води.

Припускаємо, що маса органічних речовин дорівнює показнику БСК<sub>повн</sub>. Тоді маса органічних речовин:

$$m_{\text{орг.реч}} = Q_{\text{св}} \cdot C_{\text{сум.БСК}} = 4041,67 \cdot 0,366 = 1486,17 \text{ кг/год}, \quad (3.5)$$

де  $C_{\text{сум.БСК}}$  – концентрація органічних речовин за БСК<sub>повн</sub> у суміші стічних вод.

*Матеріальний баланс первинного відстійника.*

Ефективність очистки у відстійнику складає 55 %, а вологість осаду – 95 % (  $\varphi = 95\%$  ) [16]. Тоді маса завислих часток, що осіли:

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$m_{зр}^{осів} = \frac{m_{зр} \cdot E}{100} = \frac{1271 \cdot 55}{100} = 700 \text{ кг/год} \quad (3.6)$$

А маса завислих частин, що залишились у воді:

$$m_{зр}^{зал} = m_{зр} - m_{зр}^{осів} = 1271 - 700 = 572 \text{ кг/год} \quad (3.7)$$

Маса вологого осаду:

$$m_{вол.осад} = \frac{m_{зр}^{осів} \cdot 100}{100 - \varphi} = \frac{700 \cdot 100}{100 - 95} = 13\,983 \text{ кг/год} \quad (3.9)$$

Маса води, що вийшла з первинного відстійника:

$$m_{св}^{осів} = m_{св} - m_{вол.осад} = 4\,041\,670 - 13\,983 = 427\,686 \text{ кг/год} \quad (3.10)$$

Таблиця 3.3. Матеріальний баланс первинного відстійника

Прихід	кг/год	Витрата	кг/год
1. Стічна вода на вході до первинного відстійника, з кількістю ЗР	40 416 700 (1271,25)	1. Прояснена стічна вода, з кількістю ЗР	40 402 017 (700)
		2. Вологий осад	13 983
Усього	40 416 700		40 416 700

### Матеріальний баланс аеротенку

Далі очищена вода потрапляє на біологічне очищення в аеротенк.

Кількість зворотного активного мулу, необхідного для біологічного очищення:

$$m_{ам} = D_{ам} \cdot Q_{св} = 2,5 \cdot 4041,67 = 10104 \text{ кг/год} , \quad (3.11)$$

де  $D_{ам}$  – доза активного мулу, кг/м<sup>3</sup>;

Маса вологого активного мулу ( $\varphi = 98\%$ ) становить:

$$M_{вол.мул} = \frac{m_{ам} \cdot 100\%}{100\% - \varphi} = \frac{10104 \cdot 100\%}{100\% - 98\%} = 505\,209 \text{ кг/год} \quad (3.12)$$

Під час біохімічного очищення деяка кількість мулу приростає. Приріст активного мулу за формулою дорівнює 207 мг/дм<sup>3</sup>.

Маса активного мулу, що приростає:

$$m_{\text{пр.ам}} = P \cdot Q_{\text{св}} = 0,207 \cdot 4041,67 = 8366 \text{ кг/год} \quad (3.13)$$

Ефективність очищення в аеротенку складає 96% [16]. Тоді маса видалених органічних речовин:

$$m_{\text{орг.реч}}^{\text{вид}} = m_{\text{орг.реч}} \cdot E = 1486 \cdot 0,96 = 1426 \text{ кг/год} \quad (3.14)$$

Маса завислих речовин у воді після аеротенку:

$$m_{\text{зр}}^{\text{аерот}} = m_{\text{ам}} + m_{\text{зр}} + m_{\text{пр.ам}} = 10104 + 1271 + 8366 = 19\,742 \text{ кг/год} \quad (3.15)$$

Таблиця 3.4. Матеріальний баланс первинного відстійника

1.Стічна вода після первинного відстійника, з кількістю ЗР	40 402 017  (700)	1.Вода після біологічного очищення, з кількістю ЗР	40 894 424  (19 742)
2.Зворотний активний мул, у тому числі: Активний мул Вода	505 209  9896 495 313	2.Видалені речовини	1426
3.Приріст активного мулу	8366		
Усього	40 915 592		40 915 592

*Матеріальний баланс вторинного відстійника*

Відділення очищеної води від активного мулу відбувається у вторинному відстійнику. Ефективність відділення при цьому складає 87 %, а вологість осаду 98 % ( $\varphi = 98\%$ ) [16].

Маса мулу та завислих речовин, що осіли:

$$m_{\text{ам.ос}} = m_{\text{ам+зр}} \cdot E = 11\,375 \cdot 0,87 = 9896 \text{ кг/год} \quad (3.16)$$



Тоді маса вологого осаду:

$$m_{\text{вол.осад}} = \frac{m_{\text{ам.ос}} \cdot 100\%}{100\% - \varphi} = \frac{9896 \cdot 100\%}{100\% - 98\%} = 494\,831 \text{ кг/год} \quad (3.17)$$

Маса води, що виходить із вторинного відстійника

$$\begin{aligned} m_{\text{втор.відс.оч.води}} &= m_{\text{аерот.оч.води}} - m_{\text{вол.осад}} = \\ &= 40\,402\,017 - 494\,831 = 39\,917\,186 \text{ кг/год} \end{aligned} \quad (3.18)$$

Маса активного мулу, що залишилась у воді :

$$m_{\text{дисп.част}} = m_{\text{аерот.ЗР}} - m_{\text{ам.ос}} = 19\,742 - 9896 = 9846 \text{ кг/год} \quad (3.19)$$

Таблиця 3.5. Матеріальний баланс вторинного відстійника

1. Вода після аеротенки, з кількістю ЗР	40 894 424 (19 742)	1. Прояснена стічна вода, з кількістю дисперсних часток	39 917 186 (9 846)
		2. Вологий осад, у тому числі: активний мул волога	494 831 (9 896) (484 935)
Усього	40 894 424		40 894 424

## РОЗДІЛ 4. ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ

### 4.1. Розрахункові витрати стічних вод

Згідно з завданням середня витрата СВ міста складає 97 000 м<sup>3</sup>/добу, з них побутових – 90 000 м<sup>3</sup>/добу.

Середньогодинна витрата СВ:

$$Q_{\text{сер.год}} = \frac{Q_{\text{сер.доб}}}{24} = \frac{97000}{24} = 4041 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} \quad (4.1.1)$$

Середньосекундна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{сер.с}} = \frac{Q_{\text{сер.год}}}{3600} = \frac{4041}{3600} = 1,122 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (4.1.2)$$

Середньосекундна витрата в дм<sup>3</sup> становить:

$$q_{\text{сер.с}} = Q_{\text{сер.с}} \cdot 1000 = 1,122 \cdot 1000 = 1122 \frac{\text{дм}^3}{\text{сек}} \quad (4.1.3)$$

Максимальна та мінімальні секундні витрати стічних вод :

$$q_{\text{max.с}} = K_{\text{max}} q_{\text{сер.с}} = 1122 \cdot 1,46 = 1640 \frac{\text{дм}^3}{\text{сек}} \quad (4.1.4)$$

$$q_{\text{min.с}} = K_{\text{min}} q_{\text{сер.с}} = 1122 \cdot 0,682 = 765 \frac{\text{дм}^3}{\text{сек}} \quad (4.1.5)$$

де  $K_{\text{max}}$  – коефіцієнт нерівномірності водовідведення[16, табл 2].

Максимальна та мінімальні годинні витрати стічних вод:

$$Q_{\text{max.год}} = K_{\text{max}} Q_{\text{сер.год}} = 4041 \cdot 1,46 = 5900 \frac{\text{дм}^3}{\text{сек}} \quad (4.1.6)$$

$$Q_{\text{min.год}} = K_{\text{min}} Q_{\text{сер.год}} = 4041 \cdot 0,682 = 2756 \frac{\text{дм}^3}{\text{сек}} \quad (4.1.7)$$

					ЕКБ.БЕ6120.ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Разроб.		Старун В.Ю.			ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ	Стадія	Арк.	Аркушів
Конс.							50	80
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Керів.		Жукова В.С.						
Затверд.								

## 4.2. Розрахункові концентрації забруднень стічних вод

Концентрація забруднень господарсько-побутових стічних вод визначається за формулою:

$$C = \frac{a \cdot N}{Q_{\text{поб}}}, \text{ мг / дм}^3, \quad (4.2.1)$$

де  $a$  – кількість забруднюючих речовин на одного жителя, г/доб, яка приймається [16, табл 25]: 65 г/доб завислих речовин, 75 г/доб – БСК<sub>повн</sub>, 2,5 г/доб – ПАР;  $N$  – кількість жителів міста, визначається з врахуванням норми водовідведення – 200 дм<sup>3</sup>/доб·люд.;  $Q_{\text{поб}}$  – витрата господарсько-побутових стічних вод, м<sup>3</sup>/доб.

$$N = \frac{Q_{\text{поб}}}{200} 1000 = \frac{90\,000}{200} 1000 = 450\,000 \text{ жителів} \quad (4.2.2)$$

Концентрація завислих речовин у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{\text{ЗР}} = a_{\text{ЗР}} \frac{N}{Q_{\text{поб}}} = \frac{65 \cdot 450\,000}{90\,000} = 325 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3} \quad (4.2.3)$$

Концентрація органічних речовин за БСК<sub>повн</sub> у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{\text{БСК}} = \frac{a_{\text{БСК}} N}{Q_{\text{поб}}} = \frac{75 \cdot 450\,000}{90\,000} = 375 \text{ мг/дм}^3 \quad (4.2.4)$$

Концентрація ПАР у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{\text{ПАР}} = \frac{a_{\text{ПАР}} N}{Q_{\text{поб}}} = \frac{2,5 \cdot 360\,000}{90\,000} = 12,5 \text{ мг/дм}^3 \quad (4.2.5)$$

Концентрація забруднень у суміші господарсько-побутових та виробничих стічних вод визначається за формулою:

$$C_{\text{сум}} = \frac{C_{\text{поб}} \cdot Q_{\text{поб}} + C_{\text{вир}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{поб}} + Q_{\text{вир}}}, \text{ мг / дм}^3, \quad (4.2.6)$$

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де  $C_{\text{вир}}$  – концентрація забруднень у виробничих стічних водах після їх очищення на локальних очисних спорудах, мг/дм<sup>3</sup>;  $Q_{\text{вир}}$  – витрата виробничих стічних вод, м<sup>3</sup>/доб.

Тоді концентрація завислих речовин у суміші стічних водах:

$$C_{\text{сум,ЗР}} = \frac{325 \cdot 90\,000 + 180 \cdot 7\,000}{970\,000} = 315 \text{ мг/дм}^3$$

Концентрація органічних речовин за БСК<sub>повн</sub> у суміші стічних водах:

$$C_{\text{сум,БСК}} = \frac{375 \cdot 90\,000 + 250 \cdot 7\,000}{97\,000} = 366 \text{ мг/дм}^3$$

Концентрація ПАР у суміші стічних водах:

$$C_{\text{сум,ПАР}} = \frac{12,5 \cdot 90\,000 + 0,5 \cdot 7\,000}{97\,000} = 11,6 \text{ мг/дм}^3$$

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		52

### 4.3. Розрахунки необхідного ступеня очищення стічних вод

#### 4.2.1. Нормативи якості води у водоймі

Азовське море відноситься до водойм рибогосподарського призначення вищої категорії. Значення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин, ознак їх шкідливості, класів небезпеки приведені в Таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин у внутрішніх морських водах та територіальному морі України[17].

Забруднююча речовина	ГДК, мг/дм <sup>3</sup>
БСК <sub>повн</sub>	3,0 мг/дм <sup>3</sup>
Завислі речовини	+0,25 мг/дм <sup>3</sup> до фонового значення
Розчинений кисень	Не <4

Під час скиду зворотних вод у прибережну зону моря рибогосподарські норми якості води мають дотримуватись у контрольному створі, що розташований на відстані 250 м від місця випуску в будь-якому напрямі.

#### 4.2.2. Розрахунок кратності розбавлення скиду стічних вод у прибережну зону моря

Для цього використовують метод М.А. Руффеля, який є окремим випадком методу А.В. Караушева[18]. Розведення в морях обумовлено інтенсивністю і напрямком вітрів. При варіанті випуску стічних вод у верхню третину глибини або мілководді вони потрапляють під дію прямого поверхневого течії, що збігається за напрямком з вітром.

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Кратність розбавлення за цим методом буде дорівнювати:

$$n_{об} = n_n n_o, \quad (4.2.7)$$

де  $n_n$  – початкове розбавлення стічних вод в місці їх випуску;

$n_o$  - основне розбавлення, що виникає при переміщенні води від місця випуску до розрахункового створу.

Розрахунок початкового і основного розбавлення здійснюється за емпіричними формулами:

$$n_n = \frac{q + 0,0118 H^2_{cp} \frac{W_B}{5,5}}{q + 0,0118 H^2_{cp}}; \quad (4.2.8)$$

$$n_n = \frac{1,157 + 0,0118 \cdot 2^2 \cdot \frac{10}{5,5}}{1,157 + 0,0118 \cdot 2^2} = 1,03$$

$$n_o = 1 + 0,412 \left( \frac{l}{\Delta x} \right)^{0,627 + 0,0002 \frac{l}{\Delta x}}; \quad (4.2.9)$$

$$n_o = 1 + 0,412 \left( \frac{3000}{14,7} \right)^{0,627 + 0,0002 \frac{3000}{14,7}} = 15,4$$

$$\Delta x = 6,53 H_{cp}^{1,17} = 6,53 \cdot 2,25 = 14,7 \quad (4.2.10)$$

де  $q$  - середньосекундна витрата стічних вод,  $1,157 \text{ м}^3/\text{с}$ .

$H_{cp}$  - середня глибина водойми в зоні впливу випуску стічних вод,  $2 \text{ м}$ ;

$W_B$  - швидкість вітру,  $10 \text{ м/с}$ ;

$l$  - відстань від випуску стічних вод до контрольного створу,  $3000 \text{ м}$ .

$$n_{об} = n_n n_o = 1,03 \cdot 15,4 = 15,9$$

#### 4.2.3. Необхідний ступінь очищення стічних вод

Гранично-допустима концентрація завислих речовин в очищеній стічній воді, що скидається у водойму, становить:

$$C_{ЗР}^{доп} = n(C_{ГДК} - C_{\phi}) + C_{\phi}, \quad (4.2.11)$$

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де  $C_{ГДК}$  - гранично допустима концентрація речовини у морській воді, що відповідає лімітуючому виду водокористування, 22,25 мг/дм<sup>3</sup>;  
 $n$  - кратність загального розбавлення зворотних вод у морі при перенесенні течією від місця випуску до контрольного створу;

$C_{\phi}$  - розрахункова фоновіа концентрація речовини, 22 мг/дм<sup>3</sup>.

$$C_{ЗР}^{доп} = 15,9 \cdot (22,25 - 22) + 22 = 25,6 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3},$$

Допустиме значення  $БСК_{повн}$  стічних вод, що скидаються у водойму:

$$\begin{aligned} C_{БСК}^{доп} &= n(C_{ГДК} - C_{\phi}) + C_{\phi} = \\ &= 15,9 \cdot (3 - 2,1) + 2,1 = 16,4 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \end{aligned} \quad (4.2.12)$$

де  $C_{ЗР} = 25,6$  мг/дм<sup>3</sup> та  $БСК_{повн} = 16,4$  мг/дм<sup>3</sup>, а отже не потребують біологічного доочищення.

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		55

#### 4.4. Вибір, характеристика, розрахунок споруд біологічного очищення стічних вод

##### 4.4.1. Розрахунок первинних відстійників

Тип відстійника – радіальний. Ефективність  $E_{set}$  відстоювання обумовлюється тим, що на біологічне очищення рекомендується подавати воду з вмістом завислих речовин, який не перевищує 150 мг/дм<sup>3</sup>. Ефективність видалення завислих речовин у первинних відстійниках обчислюється за формулою:

$$E_{set} = \frac{C_{3P}^n - C_{3P}^k}{C_{3P}^n} 100\% = \frac{315 - 150}{315} 100 = 52\%, \quad (4.4.1)$$

де  $C_{3P}^n$  - початкова концентрація завислих речовин на вході в споруду, 315 мг/дм<sup>3</sup>;  $C_{3P}^k$  - концентрація завислих речовин на виході зі споруди, 150 мг/дм<sup>3</sup> [16].

Тривалість відстоювання стічних вод, при якій забезпечується необхідний ефект прояснення стічних вод становить:  $t_{set} = 650$  с [16, Табл. К.2].

Гідравлічна крупність частинок, які будуть затримуватись у первинних відстійниках, становить:

$$U_0 = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{\alpha \cdot t_{set} \cdot \left( \frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h} \right)^{n_2}}, \quad (4.4.2)$$

де  $K_{set}$  - коефіцієнт використання зони об'єму, 0,45;  $H_{set}$  – робоча глибина радіального відстійника, 2 м;  $\alpha$  - коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод, 1;  $t_{set}$  – тривалість відстоювання, 650 с;  $h$  – висота циліндра, 0,5 м;  $n_2$  – показник степеню, який залежить від агломерації частинок, 0,2.

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		56



$$U_0 = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 2}{1,0 \cdot 650 \left( \frac{0,45 \cdot 2}{0,5} \right)^{0,2}} = 1,23 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$$

Визначаємо продуктивність первинного відстійника. Для радіального типу розглянемо декілька варіантів:

$$q_{set} = 2,8 K_{set} (D^2 - d^2) (U_0 - v) \quad (4.4.3)$$

$$q_{set4} = 2,8 \cdot 0,45 \cdot (40^2 - 2^2) (1,23 - 0) = 2475 \text{ м}^3/\text{год}$$

де D – діаметр відстійника; d – діаметр розподільного пристрою радіального відстійника чи центральної труби вертикального відстійника; V - турбулентна складова, приймається 0 [16, Табл. К5]

При визначенні розмірів відстійників доцільно орієнтуватися на розміри типових споруд. Кількість відстійників повинна бути не менша двох. Кількість первинних відстійників визначається за формулою:

$$N = \frac{Q_{max}}{q_{set}}, \quad (4.4.4)$$

де  $Q_{max}$  – максимальна витрата суміші стічних вод, 5900 м<sup>3</sup>/год.

$$N = \frac{Q_{max}}{q_{set}} = \frac{5900}{2475} = 2,4 \approx 3$$

Приймаємо 3 первинних радіальних відстійника діаметром 40 м. Згідно до ТП 902-2-383.83 відстійник буде мати наступні параметри:

Діаметр відстійника, м	40
Діаметр розподільного пристрою, м	2,0
Гідравлічна глибина, м	4,0
Висота зони осаду, м	0,35
Об'єм зони осаду, м <sup>3</sup>	710

Розраховуємо фактичну продуктивність одного відстійника діаметром 40 м:

$$q_{\phi} = \frac{Q_{max}}{N_{\phi}} = \frac{5900}{3} = 1970 \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.4.5)$$

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Фактична гідравлічна крупність затриманих частинок становить:

$$U_o^\phi = \frac{q_\phi}{2,8K_{set}(D^2 - d^2)}, \quad (4.4.6)$$

$$U_o^\phi = \frac{1970}{2,8 \cdot 0,45 \cdot (40^2 - 2^2)} = 0,9 \text{ мм/с}$$

Фактична тривалість перебування стічних вод у первинному відстійнику становить:

$$t_{set}^\phi = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{U_o^\phi \cdot \alpha \cdot \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h}\right)^{n_2}}, \quad (4.4.7)$$

$$t_{set}^\phi = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 2}{0,9 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,45 \cdot 2}{0,5}\right)^{0,2}} = 820 \text{ с}$$

Фактична ефективність прояснення стічних вод при  $C_{\text{поч}} 315 \text{ мг/мл}$  і  $t_{set}^\phi 820 \text{ с}$  становить [10, табл К.1]:  $E^\phi = 55 \%$ .

При отриманому  $E^\phi$  концентрація завислих речовин:

$$C_{3P}^{к,\phi} = C_{3P}^п - \frac{E^\phi C_{3P}^п}{100}, \quad (4.4.8)$$

$$C_{3P}^{к,\phi} = 305 - \frac{55 \cdot 315}{100} = 141 \text{ мг/дм}^3$$

Маса сухої речовини осаду, що затримується у первинних відстійниках, становить:

$$M_{oc} = \frac{(C_{3P}^п - C_{3P}^{к,\phi}) \cdot Q_{\text{сер.доб.}} \cdot K}{10^6}, \quad (4.4.9)$$

де  $Q_{\text{сер.доб}}$  - витрата стічних вод,  $97\,000 \text{ м}^3/\text{доб}$ ;  $K = 1,1$  – коефіцієнт, що враховує збільшення об'єму осаду.

$$M_{oc} = \frac{(315 - 141)97000 \cdot 1,1}{10^6} = 18,5 \text{ т/добу}$$

Добовий об'єм осаду:

$$V = \frac{100M_{oc}}{100 - W_{oc}} = \frac{100 \cdot 18,5}{100 - 95} = 370 \text{ м}^3, \quad (4.4.10)$$

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де  $W_{oc}$  – вологість осаду, 95 %.

#### 4.4.2. Розрахунок аеротенка

Відповідно до ДБН, при концентрації  $150 < BSK_{повн} < 500$  мг/дм<sup>3</sup> обираємо аеротенк-витиснювач з регенерацією. Попередньо приймаємо дозу активного мулу у зоні аерації у межах 2,5-4,5 г/дм<sup>3</sup> та значення мулового індексу 80-100 см<sup>3</sup>/г відповідно до ДБН п.В.2.3. Для обраних значень дози активного мулу (2,5 г/дм<sup>3</sup>) та мулового індексу (85 см<sup>3</sup>/г) визначається ступінь рециркуляції активного мулу:

$$R = \frac{a_a}{\frac{1000}{J} - a_a} = \frac{2,5}{\frac{1000}{85} - 2,5} = 0,27, \quad (4.4.11)$$

де  $a_a$  – доза активного мулу, яка прийнята 2,5 г/дм<sup>3</sup>;  $J$  – муловий індекс, який становить 85 см<sup>3</sup>/г. Значення  $R$ , при видаленні активного мулу з вторинних відстійників за допомогою мулососів має бути не менше 0,3, тому для подальших розрахунків приймаємо  $R=0,3$ .

Доза активного мулу в регенераторі визначається за формулою:

$$a_p = a_a \cdot \left( \frac{1}{2R} + 1 \right) = 2,5 \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot 0,3} + 1 \right) = 6,7 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3}, \quad (4.4.12)$$

Вміст органічних забруднень по  $BSK_{повн}$  у суміші стічних вод та рециркуляційного активного мулу розраховується за формулою:

$$L_{\text{сум}} = \frac{C_{\text{сум, БСК}}^a + C_{\text{БСК}}^k \cdot R}{1 + R}, \quad (4.4.13)$$

де  $C_{\text{сум, БСК}}^a$  – значення  $BSK_{повн}$  стічних вод, що надходять в аеротенк, з врахуванням зниження БСК після первинного відстоювання на 15%, 302 мг/дм<sup>3</sup>.  $C_{\text{БСК}}^k$  – показник  $BSK_{повн}$  в очищеній воді після повного біологічного очищення, 15 мг/дм<sup>3</sup>.

$$L_{\text{сум}} = \frac{313 + 15 \cdot 0,3}{1 + 0,3} = 244 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$$

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		59

Тривалість обробки стічних вод у аеротенку  $t_{\text{аер}}$  за рівнем БСК<sub>повн</sub>:

$$t_{\text{аер}} = \lg \frac{L_{\text{сум}}}{C_{\text{БСК}}^{\text{вих}}} \cdot \frac{2,5}{\sqrt{a_a}} = \lg \frac{244}{15} \cdot \frac{2,5}{\sqrt{2,5}} = 1,9 \text{ год} \quad (4.4.14)$$

Питома швидкість окиснення забруднень активним мулом визначається за формулою:

$$\rho = \rho_{\text{max}} \frac{C_{\text{БСК}}^{\text{к}} \cdot C_o}{C_{\text{БСК}}^{\text{к}} \cdot C_o + K_L \cdot C_o + K_o \cdot C_{\text{БСК}}^{\text{к}}} \cdot \frac{1}{1 + \varphi \cdot a_p}, \quad (4.4.15)$$

де  $\rho_{\text{max}} = 85 \text{ мг}/(\text{г} \cdot \text{год})$  – максимальна швидкість окиснення стічних вод;

$C_o$  – концентрація розчиненого кисню в муловій суміші, яка приймається  $2 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ;

$K_L$  – константа, яка характеризує властивості органічних забруднень, складає  $33 \text{ мг} \cdot \text{БПК}_{\text{повн}}/\text{дм}^3$ ;

$K_o$  – константа, яка характеризує вплив кисню, становить  $0,625 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ;

$\varphi$  – коефіцієнт інгібування продуктами розпаду активного мулу, складає  $0,07 \text{ дм}^3/\text{г}$  [16, табл.40].

$$\rho = 85 \frac{15 \cdot 2}{15 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 15} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 6,7} = 16,5 \frac{\text{мг}}{\text{г} \cdot \text{год}}$$

Тривалість окиснення органічних забруднень визначається за формулою:

$$t_o = \frac{C_{\text{сум.БСК}}^{\text{а}} - C_{\text{БСК}}^{\text{к}}}{a_p(1 - S) \cdot \rho \cdot R} \cdot \frac{15}{T_{\text{сер.р}}}, \quad (4.4.16)$$

де  $S$  – зольність активного мулу, приймається  $0,3$ ;  $T_{\text{сер.р}}$  – середньорічна температура стічних вод, становить  $24^\circ\text{C}$ .

$$t_o = \frac{313 - 15}{3 \cdot (1 - 0,3) \cdot 16,5 \cdot 0,3} \cdot \frac{15}{24} = 9,7 \text{ год}$$

Тривалість регенерації активного мулу:

$$t_p = t_o - t_a = 9,7 - 1,9 = 7,75 \text{ год} \quad (4.4.17)$$

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		60

Середня тривалість перебування стічних вод в системі аеротенк-регенератор буде дорівнювати:

$$t_{\text{сер}} = (1 + R) \cdot t_a + t_p \cdot R \quad (4.4.18)$$

$$t_{\text{сер}} = (1 + 0,3) \cdot 1,9 + 7,75 \cdot 0,3 = 4,8 \text{ год}$$

Середня доза активного мулу в системі аеротенк-регенератор визначається за формулою:

$$a_{\text{сер}} = \frac{a_a(1 + R) \cdot t_a + a_p \cdot R \cdot t_p}{t_{\text{сер}}} \quad (4.4.19)$$

$$a_{\text{сер}} = \frac{2,5(1 + 0,3) \cdot 1,9 + 7,75 \cdot 0,3 \cdot 3}{4,8} = 4,5 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3}$$

Навантаження на активний мул за показником БСК<sub>повне</sub> за прийнятих вихідних даних визначаємо за формулою:

$$q_m = \frac{24(C_{\text{сумБСК}}^a - C_{\text{БСК}}^{\text{вих}})}{a_{\text{сер}} \cdot (1 - S) \cdot t_{\text{сер}}} \quad (4.4.20)$$

$$q_m = \frac{24(313 - 15)}{4,5(1 - 0,3) \cdot 4,8} = 470 \frac{\text{мг}}{\text{г} \cdot \text{добу}}$$

З урахуванням навантаження на активний мул визначається фактичне значення мулового індексу, яке згідно СНіП 2.04.03-85, табл.41 становить:  $I_\phi = 91 \text{ см}^3/\text{г}$ .

При фактичному значення мулового індексу ступінь рециркуляції становитиме:

$$R^\phi = \frac{a_a}{\frac{1000}{I_\phi} - a_a} = \frac{2,5}{\frac{1000}{91} - 2,5} = 0,3 \quad (4.4.21)$$

Робочий об'єм аеротенка з урахуванням зони окиснення:

$$W_a = (1 + R) \cdot t_{\text{аер}} \cdot Q_{\text{max}}, \quad (4.4.22)$$

де  $Q_{\text{max}}$  – максимальна витрата стічних вод,  $5900 \text{ м}^3/\text{год}$ .

$$W_a = (1 + 0,3) \cdot 1,9 \cdot 5900 = 14\,620 \text{ м}^3$$

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		61

$$W_p = t_p \cdot R \cdot Q_{max} = 7,75 \cdot 0,3 \cdot 5900 = 13\,460 \text{ м}^3 \quad (4.4.23)$$

Загальний об'єм становить:

$$W = W_a + W_p = 14\,620 + 13\,460 = 28\,090 \text{ м}^3 \quad (4.4.24)$$

Приймаємо кількість секцій  $N=4$  [16].

Об'єм однієї секції складає:

$$W_1 = \frac{28090}{4} = 6840 \text{ м}^3 \quad (4.4.25)$$

Приймаємо чотирьохкоридорний аеротенк з 4 секціями з робочою глибиною  $h_p=4,4$  м; шириною коридора  $B=6$  м. Типовий проект 902-2-179 [19, Табл. 27.7].

Довжина секції становить:

$$L = \frac{W_1}{B \cdot h_p \cdot N \cdot n_{кор}} = \frac{6840}{6 \cdot 4,4 \cdot 4 \cdot 4} = 60,4 \text{ м} \quad (4.4.26)$$

де  $n_{кор}$  – кількість коридорів у секції, шт.

Визначається розподіл рециркуляційного активного мулу зі співвідношення:

$$\frac{W_p}{W} = \frac{13460}{28090} \cdot 100 = 47,9\% \quad (4.4.27)$$

Приріст активного мулу у аеротенку розраховуємо за формулою:

$$П = 0,8 \cdot C_{зр}^{к,ф} + K_n \cdot C_{сум.БСК}^a \quad (4.4.28)$$

де  $C_{зр}^{к,ф}$  – концентрація завислих речовин, що надходить в аеротенк, 141,5 мг/дм<sup>3</sup>;

$K_n$  – коефіцієнт приросту активного мулу, 0,3.

$$П = 0,8 \cdot 141 + 0,3 \cdot 313 = 207 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$$

Аеротенк необхідно обладнати системою аерації. Приймаємо дрібнобульбашкову систему аерації, для її розрахунку визначимо питому витрату повітря на аерацію.

Питома витрата повітря на окиснення органічних забруднень стічних вод:

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		62

$$q_{\text{пов}} = \frac{q_o \cdot (C_{\text{сум.БСК}}^a - C_{\text{БСК}}^{\text{вих}})}{K_1 K_2 K_3 K_T (C_a - C_o)} \quad (4.4.29)$$

де  $q_o$  – питома витрата кисню повітря, що приймається при повному біологічному очищенні 1,1 мг/дм<sup>3</sup>;

$K_1$  – коефіцієнт, який враховує тип аератора і приймається для дрібно бульбашкової аерації в залежності від співвідношення площі аерованої зони та аеротенка, 1,68;

$K_2$  – коефіцієнт, який залежить від глибини занурення аераторів, 2,26;

$K_3$  – коефіцієнт якості води для міських стічних вод, 0,85;

$K_T$  – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод, який визначається в залежності від середньомісячної температури стічних вод ( $T_{\text{сер.р}}$ ) за виразом:

$$K_T = 1 + 0,02 \cdot (T_{\text{сер.р}} - 20), \quad (4.4.30)$$

$$K_T = 1 + 0,02 \cdot (24 - 20) = 1,08$$

де  $C_a$  – розчинність кисню повітря у воді, яка визначається в залежності від глибини занурення аераторів ( $h_a$ ), за формулою:

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) \cdot C_T = \left(1 + \frac{4,4}{20,6}\right) \cdot 8,3 = 10,1 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (4.4.31)$$

де  $C_T$  – розчинність кисню у воді в залежності від середньорічної температури та атмосферного тиску, 8,3 мг/дм<sup>3</sup>[16, дод. К.11];

$C_o$  – середня концентрація кисню в аеротенку, яку приймають 2 мг/дм<sup>3</sup>.

$$q_{\text{пов}} = \frac{1,1 \cdot (313 - 15)}{1,68 \cdot 2,26 \cdot 0,85 \cdot 1,08 \cdot (10,1 - 2)} = 7,5 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$

Інтенсивність аерації мулової суміші в аеротенку визначається за формулою:

$$I = \frac{q_{\text{пов}} \cdot H}{t_{\text{аер}}}, \quad (4.4.32)$$

де  $H$  – глибина аеротенка, 4,4 м;  $t_a$  – період аерації, 1,9 год.

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		63

$$I = \frac{7,5 \cdot 4,4}{1,9} = 17,2 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$$

В регенераторах рекомендується приймати кількість аераторів у 2 рази більшою, ніж в аеротенках, тоді інтенсивність аерації буде складати:

В аеротенку:

$$I_a = 0,67 \cdot I_{\text{сер}} = 0,67 \cdot 17,2 = 11,5 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}, \quad (4.4.33.1)$$

В регенераторі:

$$I_p = 1,33 \cdot I_{\text{сер}} = 1,33 \cdot 17,2 = 22,8 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}, \quad (4.4.33.2)$$

Отримані значення знаходяться в межах  $I_a^{\min} < I_a$ ,  $I_p < I_a^{\max}$ .

Загальна витрата повітря, яке подається в аеротенк, визначається за середньою витратою стічних вод за час аерації в години максимального припливу:

$$Q_{\text{пов}}^{\text{сер}} = q_{\text{пов}} \cdot Q_{\text{max}} \quad (4.4.34)$$

$$Q_{\text{пов}}^{\text{сер}} = 7,5 \cdot 5900 = 44\,100 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Під регенерацію відводиться 1 коридор. Повітродувки підбирають за каталогом, виходячи із загальних витрат напору і розрахункової витрати повітря.

#### 4.3.3. Розрахунок вторинних відстійників після аеротенків

Вторинні відстійники встановлюються для відстоювання активного мулу. Відстійники приймаємо того ж типу, що й первинні. Розраховуємо відстійник за гідравлічним навантаженням на одиницю площі поверхні за рівнянням:

$$q = \frac{4,5 \cdot K_{\text{відст.}} \cdot H^{0,8}}{(0,1 \cdot J_{\phi} \cdot a_a)^{0,5-0,01 \cdot a_t}} \quad (4.4.35)$$

де  $K_{\text{відст.}}$  - коефіцієнт використання об'єму відстійників, що приймається для радіальних - 0,4;

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



$H$  - глибина зони відстоювання, 4 м;

$J_{\phi}$  - фактичне значення мулового індексу, 91 см<sup>3</sup>/г;

$a_a$  - концентрація активного мулу в аеротенку, 2,5 г/дм<sup>3</sup>;

$a_t$  - концентрація активного мулу у воді після відстоювання, приймаємо 15 мг/дм<sup>3</sup>.

$$q = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 4^{0,8}}{(0,1 \cdot 91 \cdot 2,5)^{0,5-0,01 \cdot 15}} = 1,83 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$$

Загальна площа вторинних відстійників:

$$F = \frac{Q_{\text{max.год}}}{q} = \frac{5900}{1,83} = 3230 \text{ м}^2, \quad (4.4.36)$$

де  $Q_{\text{max}}$  - максимальна витрата стічних вод, 5900 м<sup>3</sup>/год.

Кількість вторинних відстійників приймається не менше трьох, усі відстійники робочі. Розрахункова кількість вторинних відстійників:

$$N = \frac{3230}{0,785 \cdot 40^2} = 2,57 \approx 3 \text{ шт}, \quad (4.4.37)$$

де  $D$  – діаметр радіального відстійника, який приймаємо 40 м.

Отже, за типовим проектом № 902-2-90/75 приймаємо:

- 3 радіальних відстійника;
- діаметр - 40 м;
- робоча глибина – 4,35 м;
- діаметр підвідного трубопроводу – 2000 мм;
- діаметр відвідного трубопроводу – 1200 мм
- об'єм мулової зони - 915 м<sup>3</sup>;
- об'єм відстійника – 4580 м<sup>3</sup>.

#### 4.3.4. Розрахунок загальної витрати осадів

Для розрахунку метантенка потрібно визначити витрату сухої речовини осаду:

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$O_{\text{сух}} = \frac{C_{3P}^{\text{сум}} \cdot E \cdot k \cdot Q_{\text{сум.доб}}}{10^6}, m / \text{доб}, \quad (4.4.38)$$

де  $C_{3P}^{\text{сум}}$  - концентрація завислих речовин в суміші стічних вод міста, 315 мг/дм<sup>3</sup>; E - ефект затримання завислих речовин у первинних відстійниках, 0,415;

k - коефіцієнт, що враховує частинки, які не уловлюються при відборі проб, приймається 1,1;

$Q_{\text{сум.доб}}$  – розрахункова витрата стічних вод, 97 000 м<sup>3</sup>/добу.

$$O_{\text{сух}} = \frac{315 \cdot 0,415 \cdot 1,1 \cdot 97000}{10^6} = 13,9 \text{ т/добу}$$

Витрата надлишкового активного мулу:

$$M_{\text{сух}} = \frac{Q_{\text{сум.доб}} (П - b)}{10^6}, \quad (4.4.39)$$

$$M_{\text{сух}} = \frac{97000(207 - 15)}{10^6} = 18,6 \frac{\text{т}}{\text{добу}}$$

де П - приріст активного мулу, 193 мг/дм<sup>3</sup>;

b - концентрація активного мулу в стічній воді на виході із вторинних відстійників, 15 мг/дм<sup>3</sup>.

Витрату беззольної речовини осаду ( $O_{\text{без}}$ ) та надлишкового активного мулу ( $M_{\text{без}}$ ) визначають за формулами:

$$O_{\text{без}} = \frac{O_{\text{сух}} \cdot (100 - B_{\text{ос}}) \cdot (100 - Z_{\text{ос}})}{10^4}, m / \text{доб}, \quad (4.4.40)$$

$$M_{\text{без}} = \frac{M_{\text{сух}} \cdot (100 - B_{\text{м}}) \cdot (100 - Z_{\text{м}})}{10^4}, m / \text{доб}, \quad (4.4.41)$$

де  $B_{\text{ос}}$  та  $B_{\text{м}}$  – гігроскопічна вологість осаду та активного мулу, яка приймається 5 %;

$Z_{\text{ос}}$  та  $Z_{\text{м}}$  - зольності, відповідно, осаду та активного мулу, які для побутових стічних вод приймають рівними 30%.

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		66

$$O_{\text{без}} = \frac{13,9(100 - 5)(100 - 30)}{10^4} = 9,26 \text{ т/доб}$$

$$M_{\text{без}} = \frac{18,6(100 - 5)(100 - 30)}{10^4} = 12,4 \text{ т/доб}$$

Витрати осаду та активного мулу фактичної вологості за умови, що їх густина дорівнює  $1 \text{ т/м}^3$ , визначають за формулами:

$$V_{\text{ос}} = \frac{100 \cdot O_{\text{сух}}}{(100 - W_{\text{ос}})}, \text{ м}^3 / \text{доб}, \quad (4.4.42)$$

$$V_{\text{м}} = \frac{100 \cdot M_{\text{сух}}}{(100 - W_{\text{м}})}, \text{ м}^3 / \text{доб}, \quad (4.4.43)$$

де  $W_{\text{ос}}$  - вологість осаду, яка приймається 95%;

$W_{\text{м}}$  - вологість ущільненого мулу, 97 %[19, табл 58].

$$V_{\text{ос}} = \frac{100 \cdot 13,9}{(100 - 95)} = 279 \text{ м}^3 / \text{доб}$$

$$V_{\text{м}} = \frac{100 \cdot 18,6}{(100 - 97)} = 620 \text{ м}^3 / \text{доб}$$

Вміст сухої речовини в осаді:

$$S_{\text{сух}} = O_{\text{сух}} + M_{\text{сух}} = 13,9 + 18,6 = 32,6 \text{ т/доб} \quad (4.4.44)$$

Вміст беззольної речовини в осаді:

$$S_{\text{без}} = O_{\text{без}} + M_{\text{без}} = 9,26 + 12,4 = 21,6 \text{ т/доб} \quad (4.4.45)$$

Загальна витрата осаду та активного мулу буде складати:

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{ос}} + V_{\text{м}} = 279 + 620 = 899 \text{ м}^3 / \text{доб} \quad (4.4.46)$$

Загальна вологість суміші осаду та активного мулу буде дорівнювати:

$$W_{\text{заг}} = 100 \left( 1 - \frac{S_{\text{сух}}}{V_{\text{заг}}} \right) = 100 \left( 1 - \frac{30,8}{899} \right) = 96,5 \% \quad (4.4.47)$$

Загальна зольність суміші осаду та активного мулу буде дорівнювати:

$$Z_{\text{заг}} = \left[ 1 - \frac{21,6}{13,9 \left( \frac{100-5}{100} \right) + 18,6 \left( \frac{100-5}{100} \right)} \right] \cdot 100 = 30\% \quad (4.4.48)$$

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		67

#### 4.3.5. Розрахунок метантенка

Робочий об'єм метантенка визначається за формулою:

$$V_{\text{мет}} = \frac{100 \cdot V_{\text{заг}}}{D} = \frac{100 \cdot 890}{10} = 8990 \text{ м}^3 \quad (4.4.50)$$

де  $D$  - добова доза завантаження осаду в метантенк, 10%, яка приймається в залежності від режиму зброджування (мезофільний) та середньої вологості осаду, що завантажуюється ( $= 96,5 \%$ ) [19, Табл 59].

Кількість метантенків приймається не менше двох, робочі.

Отже, за розмірами типових метантенків [16] обираємо 4 метантенка з:

Корисний об'єм, м <sup>3</sup>	Діаметр, м	Висота, м		
		верхнього конуса	циліндричної частини	нижнього конуса
2500	17,5	2,5	8,5	3,05

Максимально можливий розпад беззольної речовини суміші осаду та активного мулу визначається за формулою:

$$R_{\text{гр}} = \frac{R_o O_{\text{без}} + R_m M_{\text{без}}}{S_{\text{без}}} = \frac{53 \cdot 9,26 + 44 \cdot 12,4}{21,6} = 48\% \quad (4.4.51)$$

де  $R_o$  та  $R_m$  - максимально можливий розпад беззольної речовини осаду та активного мулу, який складає, відповідно, 53 та 44 %. [19, п 6.353]

Фактичний розпад беззольної речовини буде складати:

$$R = R_{\text{гр}} - (D^{\Phi} K_p) = 48 - (10 \cdot 0,4) = 44\% \quad (4.4.52)$$

де  $K_p$ - коефіцієнт, який залежить від вологості (96,5%) та режиму (мезофільний), приймається 0,4 [19, Табл. 61];

$D^{\Phi}$  - фактична доза завантаження метантенка, 10 %.

Кількість беззольної та сухої речовини у збродженій суміші буде складати:

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$S_{\text{без}}^{\text{зб}} = \frac{S_{\text{без}}(100 - R)}{100} = \frac{21,6(100 - 44)}{100} = 12,15 \text{ т/доб} \quad (4.4.53)$$

$$S_{\text{сух}}^{\text{зб}} = (S_{\text{сух}} - S_{\text{без}}) + S_{\text{без}}^{\text{зб}} = (32,6 - 21,6) + 12,15 = 23,06 \text{ т/доб} \quad (4.4.54)$$

Зольність та вологість збродженної суміші визначаються за формулами:

$$Z_{\text{заг}}^{\text{зб}} = 100 \cdot \left( 1 - \frac{100 \cdot S_{\text{без}}^{\text{зб}}}{S_{\text{сух}}^{\text{зб}} (100 - B_z)} \right), \%, \quad (4.4.55)$$

$$W_{\text{заг}}^{\text{зб}} = 100 \cdot \left( 1 - \frac{S_{\text{сух}}^{\text{зб}}}{V_{\text{заг}}} \right), \%, \quad (4.4.56)$$

де  $B_z$  - гігроскопічна вологість збродженної суміші, яка приймається 5 %.

$$Z_{\text{заг}}^{\text{зб}} = 100 \left( 1 - \frac{100 \cdot 23,06}{12,15 \cdot (100 - 5)} \right) = 45\%$$

$$W_{\text{заг}}^{\text{зб}} = 100 \left( 1 - \frac{23,06}{890} \right) = 97,4$$

При метановому збродженні осаду утворюється біогаз із розрахунку 1 г газу на 1 г розкладеної беззольної речовини. Об'ємна вага газу ( $\rho_r$ ) складає 1 кг/м<sup>3</sup>[18, п. 6.354].

Тоді витрата утвореного біогазу буде складати:

$$Q_r = \frac{1000 \cdot q_z \cdot S_{\text{без}}^{\text{зб}}}{\rho_z} \text{ м}^3 / \text{доб}, \quad (4.4.57)$$

де  $q_r$  – питомий вихід газу, який становить 1 м<sup>3</sup> на 1 кг беззольної речовини осаду, що розклався в процесі збродження.

$$Q_r = \frac{1000 \cdot 1 \cdot 12,15}{1} = 12\,150 \text{ м}^3 / \text{доб}$$

Для регулювання тиску і зберігання газу у складі очисних споруд передбачаються газгольдини «мокрого типу», об'єм яких розраховується на 2-4 години перебування газу ( $t_r$ ) [18, п. 6.359].

$$V_r = \frac{Q_r \cdot t_r}{24} = \frac{12\,150 \cdot 2}{24} = 1013 \text{ м}^3 \quad (4.4.58)$$

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		69

Отже, за розмірами типових газгольдерів обираємо кількість газгольдерів = 3 шт з наступними характеристиками [16, Табл. К.15]:

Об'єм газгольдера, м <sup>3</sup>	Діаметр резервуара, мм	Висота газгольдера, мм
300	9300	12 500

#### 4.3.6. Розрахунок мулозгущувача

Максимальна годинна витрата надлишкового активного мулу визначається за формулою:

$$q_{\text{нам}} = \frac{1,3PQ_{\text{сум.доб}}}{24C_{\text{нам}}} = \frac{1,3 \cdot 207 \cdot 97000}{24 \cdot 6700} = 163 \quad (4.4.59)$$

де  $Q_{\text{сум.доб}}$  – добова витрата суміші побутових та виробничих стічних вод, 97 000 м<sup>3</sup>/добу;

$C_{\text{нам}}$  - концентрація надлишкового активного мулу, 6700 мг/дм<sup>3</sup>, яка приймається рівною дозі активного мулу у регенераторі;

1,3 - коефіцієнт сезонної нерівномірності приросту активного мулу.

Витрата мулової рідини, яка утворюється під час ущільнення мулу, визначається за формулою:

$$q_{\text{мр}} = \frac{q_{\text{нам}}(W_{\text{ну}} - W_{\text{ущ}})}{100 - W_{\text{ущ}}} = \frac{163(99,2 - 97)}{100 - 97} = 120 \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.4.60)$$

де  $W_{\text{ну}}$  - вологість неущільненого мулу, 99,2 %;  $W_{\text{ущ}}$  - вологість ущільненого мулу, 97 %[19, табл 58].

Годинна витрата ущільненого мулу складає:

$$q_{\text{ущ}} = q_{\text{нам}} - q_{\text{мр}} = 163 - 120 = 44 \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.4.61)$$

При розрахунку радіальних мулозгущувачів визначають корисну площу поверхні за формулою:

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$F_M = \frac{q_{\text{нам}}}{q_o} = \frac{163}{0,3} = 544 \text{ м}^2, \quad (4.4.62)$$

де  $q_o$  - розрахункове навантаження на одиницю площі поверхні, яке приймається  $0,3 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ .

Кількість мулозгущувачів приймається не менше двох. Діаметр мулозгущувача визначають з виразу:

$$D = \sqrt{\frac{4F_M}{\pi N}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 544}{8\pi}} \approx 9 \text{ м} \quad (4.4.63)$$

де  $N$  - кількість мулозгущувачів діаметром 9 м, 8 шт.

Радіальні мулозгущувачі влаштовують на базі типових вторинних відстійників. Висоту зони ущільнення мулу визначають за формулою:

$$H_{\text{ущ}} = q_o t = 0,3 \cdot 10 = 3 \text{ м} \quad (4.4.64)$$

де  $t$  - тривалість ущільнення активного мулу, яка приймається 10 год [19, табл 58].

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		71

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

На станціях очищення стічних вод можливо виникнення небезпечних і шкідливих факторів для працівників: підвищена вологість у приміщеннях; підвищені рівні шуму і вібрації; небезпека взаємодії з рухомими елементами обладнання (лебідки, скребки, зрошувачі, механічні мішалки); небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі; наявність патогенних мікроорганізмів в стічних водах, яйця гельмінтів, газоподібні токсичні речовини. Враховуючи вплив даних факторів, для поліпшення умов праці та безпеки на підприємстві, передбачаються заходи з охорони праці [19].

### 5.1. Загальні положення

Охорона праці - це система законодавчих, організаційно-технічних, соціально-економічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних мір і засобів, що спрямовані на збереження життя, здоров'я й працездатності людини в процесі праці.

Завдання охорони праці полягає в зведенні до мінімуму ймовірність ураження працюючого під дією небезпечного фактора на виробництві або виникнення захворювання під дією шкідливого виробничого фактора з одночасним забезпеченням комфортних умов при максимальній продуктивності праці.

Закон України "Про охорону праці" визначає основні положення по реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності; регулює взаємини між адміністрацією і працівником в незалежності від форм власності; встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні [20].

					ЕКБ.БЕ6120.ДП		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Разроб.		Старун В.Ю.			ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ	Стадія	Арк.
Конс.							72
							80
Керів.		Жукова В.С.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ	
Затверд.							



Відповідно до закону України «Про підприємства в Україні» усі роботодавці повинні турбуватись про дотримання у своїй діяльності вимог законів України щодо охорони праці та навколишнього природного середовища.

## **5.2. Метеорологічні параметри робочої зони**

Оптимальні метеорологічні умови – комплекс параметрів, які при тривалому й систематичному впливі на людину забезпечують збереження нормального функціонального й теплового стану організму без напруження реакцій терморегуляції. Параметри мікроклімату в приміщенні повинні відповідати ГН 3.3.5-8-6.6.1-2002 [22]. Для підтримки в приміщенні оптимального температурного режиму відповідно до вимоги ДБН В.2.5-67:2013 [23] має бути централізоване опалювання і вентиляція. У теплий період року використовується кондиціонування.

## **5.3. Повітря робочої зони**

Створення комфортних санітарно-гігієнічних умов праці у виробничих приміщеннях повинне починатися на стадії проектування виробничих будівель і основних технологічних процесів. У проекті передбачено запобіжні засоби щодо усунення промислових джерел впливу шкідливих речовин та створення необхідного мікроклімату [24].

Оптимальний мікроклімат у приміщенні має відповідати наступним параметрам:

- температура взимку/ влітку – 20-22/20-25°C (побутові приміщення), 16-25 °C (виробничі приміщення);

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- вологість взимку/влітку – 40-30/30-61 % (побутові приміщення), 30-60% (виробничі приміщення);
- швидкість руху повітря – 0.1-0.15/0.25 м/с (побутові приміщення), 0.2-0.7 м/с (виробничі приміщення) [24].

Заходи для послаблення впливу шкідливих речовин:

1) Робочі місця мають бути оснащені системами вентиляції, що сприяє зменшенню вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони. Концентрація забруднюючих речовин таким чином стає нижче ГДК.

2) В приміщеннях де виконуються роботи з приготування розчину хлору передбачена аварійна вентиляція, також встановлено газоаналізатори.

#### 5.4. Виробниче освітлення

На очисних станціях використовується штучне і комбіноване освітлення[25]. Біля споруд очищення води передбачено використання природнього верхнього і штучного освітлення. На складах і насосних станціях – штучного освітлення. Для забезпечення штучного освітлення використовують люмінесцентні, вибухобезпечні та водонепроникні лампи типу ВЗГ-300.

Освітлення на робочому місці повинне відповідати характеру зорової роботи. Збільшення освітленості сприяє продуктивності праці та безпеці роботи [26]. Комбіноване освітлення забезпечує підвищення рівномірності природнього освітлення великих приміщень.

#### 5.5. Захист від виробничого шуму та вібрації

При роботі з передбаченими у проекті вібраційними механізмами робітники піддаються негативному впливу високих рівнів вібрації. Як наслідок вібрації

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

виникає шум, що також негативно впливає на працездатність робітників.

Основними джерелами вібрації є решітки-дробарки, центрифуги, насосне обладнання. Для зниження впливу шуму і вібрації застосовують кожухи та екрани; передбачається використання вібропригнічуючих підставок. У якості засобів індивідуального захисту під час роботи з механізованим інструментом користуються антивібраційними рукавицями та спеціальним взуттям. Тривалість роботи з таким інструментом не повинна перевищувати 2/3 робочої зміни. Довготривалість вібрації не повинна перевищувати 20 х. 6.4[27].

## 5.6. Пожежна безпека

Причинами виникнення пожежі можуть стати: розгерметизація обладнання, порушення ізоляції струмопровідних частин обладнання внаслідок механічного пошкодження, старіння обладнання, вплив вологи, відкритий вогонь.

У всіх виробничих приміщеннях, на складах повинні бути вогнегасники, які призначені для ліквідації невеликих пожеж силами персоналу підприємства. Для гасіння пожежі в робочих приміщеннях використовують повітрянопінні вогнегасники ВПП-10. Вони також застосовуються для гасіння легкозаймистих та горючих рідин та твердих горючих матеріалів[20].

Основними методами припинення розповсюдження горіння є:

- Припинення потрапляння в зону горіння окиснювача або горючої речовини.
- Зниження концентрації кисню повітря до припинення горіння.
- Інтенсивне гальмування швидкості хімічної реакції в полум'ї [20].

## 5.7. Електробезпека

Електричний струм може викликати опік, порушення гомеостазу,

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		75

металізацію шкіри, вивихи суглобів та переломи кісток, внаслідок судомних скорочень. Для запобігання нещасних випадків при роботі зі струмом потрібно знати напругу в мережі та напругу електроустаткування. Зменшити негативний вплив можна працюючи з безпечною та надійною установкою, враховуючи організаційні заходи щодо безпечної її експлуатації, а також використовуючи технічні засоби захисту [24].

### 5.8. Охорона довкілля

Основні напрямки вирішення проблеми захисту навколишнього середовища:

- Розробка і удосконалення технологічних процесів, удосконалення устаткування.
- Заміна токсичних відходів на нетоксичні, неутилізовані на утилізовані.
- Раціональне розміщення джерел забруднення, винесення підприємств за межі міста.
- Розробка безвідходної технології.
- Створення системи переробки відходів виробництва у вторинні матеріальні ресурси[24].

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломного проекту була обрана технологія попереднього очищення стічних вод м'ясокомбінату та технологія біологічного очищення суміші зазначених стічних вод зі стічними водами міста Маріуполь загальним навантаженням 97 000 м<sup>3</sup>/добу.

При виконанні дипломного проекту були вирішені наступні поставлені завдання:

- визначено характеристики складу стічних вод м'ясокомбінату: найбільший показник забруднення ХСК = 2100 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; ЗР = 850 мг/дм<sup>3</sup>, також стічним водам характерний високий вміст жирів;
- Для попереднього очищення стічних вод кількістю 7000 м<sup>3</sup>/добу обрано анаеробну-аеробну технологію очищення, що дозволяє досягти показників для скиду у каналізацію міста Маріуполь;
- Розраховані витрати і концентрації забруднень у суміші стічних вод:  $Q_{\text{сер.год}} = 4042 \text{ м}^3/\text{год}$ ,  $C_{\text{сум,ЗР}} = 315 \text{ мг/дм}^3$ ,  $C_{\text{сум,БСК}} = 366 \text{ мг/дм}^3$ ; визначений необхідний ступінь очищення суміші стічних вод міста та м'ясокомбінату  $C_{\text{зр}} = 25,6 \text{ мг/дм}^3$  та БСК<sub>повн</sub> = 16,4 мг/дм<sup>3</sup>, що дозволяє не використовувати доочищення у схемі;
- Виконано технологічну та апаратурну схеми очищення суміші стічних вод міста; схеми включають етапи механічного та біологічного очищення, описано заходи поводження з осадами;
- Розраховано і обрано типовий проект споруди для анаеробного зброджування осадів – метантенку об'ємом 2500 м<sup>3</sup>, загальний об'єм біогазу 12 150 м<sup>3</sup>/добу.
- Описано заходи охорони праці та довкілля при роботі на очисних станціях, які мінімізують негативний вплив на довкілля та забезпечують безпечні умови праці для робітників.

					ЕКБ.БЕ6120.ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ	Стадія	Арк.	Акресив
Розроб.		Старун В.Ю.					77	80
Конс.								
Керів.		Жукова В.С.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Затверд.								

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. M. R. Johns Developments in wastewater treatment in the meat processing industry: A review // Bioresource Technolog. – 95. – №54. – с.203-216.
2. Классификация сточных вод мясокомбинатов – Электронне джерело.  
Режим доступу: [https://nomitech.ru/articles-and-blog/klassifikatsiya\\_stochnykh\\_vod\\_myasokombinatov/](https://nomitech.ru/articles-and-blog/klassifikatsiya_stochnykh_vod_myasokombinatov/)
3. Левандовський Л.В., Бублієнко Н.О., Семенова О.І. Природоохоронні технології та обладнання: Підруч. — К.: НУХТ, 2013. — 243 с.
4. J. M. Russell, R. N. Cooper and S. B. Lindsey reuse of wastewater from meat processing plants for agricultural and forestry irrigation // Meat Industry Research Institute of New Zealand Inc. – 91. – №9. – с. 277-286.
5. Ewa Sroka, Wladyslaw Kamfliski, Jolanta Bohdziewicz Biological treatment of meat industry wastewater // Desalination – 2004. – №162. – с. 85-91.
6. Jolanta Bohdziewicz, Ewa Sroka Integrated system of activated sludge–reverse osmosis in the treatment of the wastewater from the meat industry // Process Biochemistry. – 2005. – №40. – с. 1517–1523.
7. Rifaat A. Wahaab and M. Hamdy El-Awady Anaerobic/aerobic treatment of meat processing wastewater // The Environmentalist. – 99. – №19. – с. 61-65.
8. Tansengco Myra, Herrera David Biological Treatment of Meat Processing Wastewater using Anaerobic Sequencing Batch Reactor // International Research Journal of Biological Sciences. – 2015. – №4. – с. 66-75.
9. Угляр Ю. М. Електрофлокоагуляційне очищення стічних вод підприємства ТОВ "Коломийський м'ясокомбінат" // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 2(10). – с. 30-34.
10. J. R. Campos, E. Foresti and R. D. P. Camacho Anaerobic wastewater treatment in the food processing industry: two case studies // Waf. Sci. Tech. – 86. – №12. – с. 87-97.

					<b>ЕКБ.БЕ6120.ДП</b>	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

11. Коленко Н.М., Островка М.В., Рубан Э.В. Комплексная анаэробно-аэробная биологическая очистка сточных вод мясокомбинатов // Экология и промышленность. – 2019. – №2(59). – с. 34-41.

12. Правила приймання стічних вод до системи централізованого водовідведення м. Маріуполя затверджені рішенням виконкому міської ради від 22.10.2018 №465

13. Чучуй, Валерій Петрович. Альтернативні джерела енергії: навч. посіб. для студентів вищ. учб. Закл // Одес. держ. аграр. ун-т. – Одеса, 2015. - 494 с.

14. В.М. Поліщук, М.М. Лободко, О.В. Дубровіна Біотехнологічні основи виробництва біогазу // "Енергетика і автоматика", – 2018. – №5. – с. 25-26.

15. Экологическая биотехнология : учеб. пособие для студентов специальности «Биоэкология» / Н. С. Ручай, Р. М. Маркевич. – Минск: БГТУ, 2006. – 312 с.

16. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Біотехнології очищення води» Електронне видання. Уклад.: Саблій Л.А., Бойчук С.Д., Жукова В.С. – К.: НТУУ «КП», 2013. – 58с.

17. Постанова Кабінету Міністрів України від 29 лютого 1996 р. № 269 Правила охорони внутрішніх морських вод і територіального моря України від забруднення та засмічення

18. Канализация населенных мест и промышленных предприятий: Справочник проектировщика / Н.И. Лихачев, И.И. Ларин, С.А. Хаскин и др. - М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.

19. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Госстрой по делам строительства, 1986. – 73 с.

20. Основи охорони праці: підручник / М.С. Одарченко, А.М. Одарченко, В.І. Степанов та ін. – Харків: Стил-Издат, 2017. – 341с.

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

21. Конституція України: закон України від 14.10.92, ВВР, 1992 // Відомості Верховної Ради України. – 1992. – № 49. – Ст. 668.
22. ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу
23. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування
24. Грибан В. Г., Негодченко О. В. Охорона праці. Навч. посіб. 2ге вид.– К.: Центр учбової літератури, 2011. – 280 с.
25. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
26. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення
27. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку

					ЕКБ.БЕ6120.ДП	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



## ДОДАТКИ

Таблиця 5. Відомість специфікації обладнання та КВП

Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Маса, кг	Примітка
1	2	3	4	5	6
ПЗ-1		Повітрозабірник, висота труби 4,5 м, діаметр труби 300 мм	1		За власним кресленням
Ф-2	КдМ-1000	Масляний фільтр попереднього очищення. Ефективність 80%	1		Збірний
В-3	Тп-178-1,6	Повітродувка. Продуктивність від 2 до 1000 м <sup>3</sup> /год. Стиснення повітря 0,163 МПа. Потужність електродвигуна 360 кВт.	1		Збірний
Р-4 Р-6 Р-8	ВЕЕ	Реактори з перемішуючим пристроєм – лопатевою мішалкою. Робочий об'єм 5м <sup>3</sup> . Потужність електродвигуна 250 кВт.	3		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
Н-5 Н-7 Н-9 Н-14 Н-17 Н-22 Н-28 Н-30	СМ-100-65 200/46	Насос відцентровий горизонтальний консольний з робочим колесом закритого типу	8		Збірний

РД-10		Решітка-дробарка. Швидкість потоку рідини 0,8-1 м/с. Пропускна здатність 97 тис м <sup>3</sup> /добу. Кількість прозорів в решітці 21. Розмір прозорів 0,016 м.	1		Збірний
П-11		Пісковловлювачі. Середня швидкість руху 0,3 м/с.	1		Збірний
В-13		Первинний відстійник. Діаметр 40 м, глибина робочої частини 4 м. Тривалість відстоювання 820 с. Ефективність освітлення 55%.	3		Збірний
АР-15		Чоритьохкоридорний аеротенк-витиснювач з регенератором. Ширина кожного коридору 6 м, довжина 60,4 м, робоча глибина 4,4 м загальний об'єм 28 090 м <sup>3</sup> .	1		Збірний
В-16		Вторинний відстійник. Діаметр 40 м, гідравлічна глибина 4 м.	3		Збірний
Р-19		Реактор для змішування очищеної води з розчином хлору.	1		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
КР-20		Контактний резервуар. Продуктивність 97 тис. м <sup>3</sup> /добу. Глибина 4 м, ширина 6 м та довжина 24 м.	1		Збірний
МУ-21		Мулоущільнювач. Тривалість ущільнення 4 год.	1		Збірний

М-23		Метантенк. Об'єм споруди – 2500 м <sup>3</sup> , діаметр – 17,5 м, висота – 14,05 м.	4		Типовий проєкт 902-5-16.86
Р-24		Реактор для дегельмінтизації осаду. Механічне перемішування осаду, тепловий агент – насичена водяна пара.	1		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
Р-25		Реактор для змішування осаду із коагулянтом. Механічне перемішування.	1		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
ФП-26		Стрічковий фільтр-прес з потужністю 3 кВт, шириною стрічок 900 мм, швидкість стрічок 7 м/хв.	8		Збірний
ММ-27		Аварійний муловий майданчик, вологість осаду 70-80%.	2		
ПМ-29		Пісковий майданчик для підсушування піщаної пульпи. Навантаження 3 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> .	1		
Г-30		Газгольдер. Об'єм 300 м <sup>3</sup> , тиск 3 МПа	3		Збірний
КП-1.1 КП-2.1 КП-2.2	ОБМ-160	Манометр Діаметр корпусу: 63 мм. Клас точності: 2,5, діапазон вимірювання 0- 1,0МПа, Різьба штуцера М12х1,5, радіальне виконання	3		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
КП-3.1	РС-28	Датчик вимірювання тиску. Мінімальна ширина діапазона 1,5 кПа. Вихідний сигнал: (4÷20)мА	1		Неірж. сталь 12Х18Н10Т

## Продовження Таблиці 5

КП-26.1	МІДА	Датчик вимірювання тиску. Діапазон вимірювання: 0-6 МПа.	1		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
КП-19.1 КП-4.1	ЕЕ820	Датчик для вимірювання концентрації розчину. Вихідний сигнал - 4...20мА. Робоча температура - - 20...+60	2		
КП-15.1	FYA 600	Датчик для вимірювання концентрації кисню. Робоча температура - 20...+500С. Розміри: висота 43 мм х Ø 29.3 мм	1		
КП-15.2	ОВП	Датчик для вимірювання рН. Діапазон вимірювання: 2-12. Температурний діапазон: 0...110 °С	1		Твердий полімерний електроліт
КП-15.3 КП-23.1 КП-24.1	ТКП-160Сг-М2	Термометр манометричний, конденсаційний. Межі вимірювань 0...120°С. Клас точності 1.5.	3		Неірж. сталь 12Х18Н10Т